

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Toyoharu HANZAWA

Serial No.: (new)

Group:

Filed: September 17, 2003

Examiner:

For: PHOTOGRAPHIC APPARATUS FOR STEREOSCOPIC MICROSCOPE

LETTER

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA. 22313-1450

September 17, 2003

Sir:

Under the provisions of 35 U.S.C. § 119 and 37 C.F.R. § 1.55(a), the applicant hereby claims the right of priority based on the following application:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filed</u>
Japan	2002 - 272596	September 19, 2002

A certified copy of the above-noted application is attached hereto.

Please charge any fees under 37 C.F.R. § 1.16-1.21(h) or credit any overpayment to Deposit Account No. 01-2509.

Respectfully submitted,

ARNOLD INTERNATIONAL

By Bruce Y. Arnold
Bruce Y. Arnold
Reg. No. 28,493

(703) 759-2991

P.O. Box 129
Great Falls, VA 22066-0129

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 9月19日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-272596

[ST.10/C]:

[JP2002-272596]

出 願 人

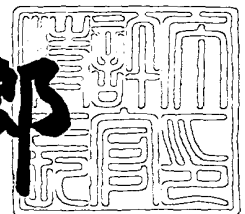
Applicant(s):

オリンパス光学工業株式会社

2002年12月 6日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2002-3095823

【書類名】 特許願

【整理番号】 02P01555

【提出日】 平成14年 9月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 21/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学
工業株式会社内

【氏名】 榛澤 豊治

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代表者】 菊川 剛

【代理人】

【識別番号】 100065824

【弁理士】

【氏名又は名称】 篠原 泰司

【選任した代理人】

【識別番号】 100104983

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤中 雅之

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 017938

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0116478

特 2 0 0 2 - 2 7 2 5 9 6

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 実体顕微鏡用撮影装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 観察者が視差のある画像を観察して立体観察をする実体顕微鏡の光束から分割した光束を、複数の撮像装置の撮像面に結像させる実体顕微鏡用撮影装置において、実体顕微鏡との接続部から各々の撮像面までの間に光束を複数に光分割する撮影系光分割手段を備えていると共に、その撮影系光分割手段の撮像面側の光路中に各々中間結像面を有していて、それらの中間結像面の像を各々の撮像面にリレーするように構成したことを特徴とする実体顕微鏡用撮影装置。

【請求項 2】 実体顕微鏡と撮影装置を接続する光路中の光束をアフォーカル光束にし、そのアフォーカル光束中にイメージローテータを配置し、撮影装置に対して実体顕微鏡を θ 回転させたとき、前記イメージローテータが実体顕微鏡と同方向に $\theta / 2$ 回転するように構成したことを特徴とする請求項 1 に記載の実体顕微鏡用撮影装置。

【請求項 3】 物体からの光束をアフォーカル光束にする対物レンズと、その対物レンズからの光束を変倍するアフォーカルズーム系と、そのアフォーカルズーム系から出射した光束を観察系と撮影系に分割する光分割光学系と、その光分割光学系で分割した観察系側の光束を複数の視差のある像に結像して接眼レンズで拡大して観察する鏡筒光学系と、を備えている実体顕微鏡と、

前記光分割光学系で分割された撮影系側の光束をさらに分割する光分割手段を備えていると共に、複数の撮像装置を取り付けることが可能な撮影装置と、
によって構成されている実体顕微鏡装置において、

前記光分割手段と、前記複数の撮像装置の撮像面との間に各々中間結像面を有していて、それらの中間結像面の像を各々の撮像面にリレーするように構成したことを特徴とする実体顕微鏡装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、特に、観察物体を観察しながら加工したり、治療を施したりする実体顕微鏡装置に用いて好適な撮影装置、及びその撮影装置を備えた実体顕微鏡装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

顕微鏡で観察する場合には、観察物体を単に観察するだけではなく、その観察像を撮影する必要のある場合があり、特に、半導体などを生産する場合や、手術によって患部を治療する場合などは、その必要性が大きい。そして、その場合には、立体観察の行える実体顕微鏡装置を使用することが多い。また、その実体顕微鏡装置に取り付ける撮影装置は、静止画と動画の2種類で記録できることが望まれているため、少なくとも2つの撮像装置（カメラ）を取り付け可能であることが要求される。そのうち、静止画は高解像でダイナミックレンジの広い高品質の画像記録が望まれるため、フィルムや、大型で画素数の多いCCDが用いられ、動画は、静止画に対するような要求がそれほど高くないため、撮像装置（カメラ）自体は小型のものが使用される。

【 0 0 0 3 】

ところで、そのような実体顕微鏡は、物体からの光束をアフォーカル光束にする対物レンズと、その対物レンズからの光束を変倍するアフォーカルズーム系と、そのアフォーカルズーム系から出射した光束を観察系と撮影系に分割する光分割光学系と、その光分割光学系で分割した観察系側の光束を複数の視差のある像に結像して接眼レンズで拡大して観察する鏡筒光学系などで構成されているのが普通であるが、以下においては、それらの光学系又はそれらに類する光学系を一つのブロックとして構成したものを、単に実体顕微鏡といい、その実体顕微鏡が撮影装置と共に架台に取り付けられたものを実体顕微鏡装置ということにする。

【 0 0 0 4 】

このような生産用や治療用に用いられる実体顕微鏡装置は、観察物体に近い部分はできるだけ小さく構成するのが好ましく、かつ、実体顕微鏡は、架台に対して自由に動かせることが望まれるが、そのためには、実体顕微鏡と撮影装置とは、架台上において離して配置する必要がある。また、実体顕微鏡は、極力軽くし

て動かしやすくする必要があるし、撮影装置は、架台上のあまり動かない部分に設置することが必要になる。さらに、実体顕微鏡と撮影装置とを離して配置するためには、撮影装置用の光学系の光路を長くする必要があるし、反射部材などを用いて、複数の撮像装置の取付位置に対応できるようにする必要があるが、そのようにしているな光学系は既に提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

【0 0 0 5】

【特許文献 1】

特開平 1 1 - 8 4 2 6 3 号公報

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、特許文献 1 に記載の光学系は、2 つの撮像装置用光学系に共通な光路内に中間結像面を設けているので、2 つの撮像面積の差がさらに大きくなると、中間結像面からの倍率の差が大きくなって光学系に無理がかかり、光学性能の劣化やレンズ枚数の増加につながることになる。また、中間結像面には、2 種類の撮像装置（実際には撮像素子）のいずれにも適するようにバランスした中間結像をさせるため、中間結像倍率が制限され、各撮像装置への倍率も自由度が少なくなる。そのため、光分割後の撮像装置までの距離に制限を受け、撮像装置の配置に自由度がなくなり、観察者が好適に観察及び作業が行えるように、撮像装置を離れた位置へ配置するのが難しくなってしまう。

【0 0 0 7】

本発明は、このような問題点を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、観察者が顕微鏡で観察しながら行う作業や顕微鏡の操作の妨げにならず、かつ操作性に優れ良好な像が得られるようにした、実体顕微鏡装置に用いて好適な撮影装置、及びその撮影装置を備えた実体顕微鏡装置を提供することである。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明の実体顕微鏡用撮影装置は、観察者が視差のある画像を観察して立体観察をする実体顕微鏡の光束から分割した光束を、

複数の撮像装置の撮像面に結像させる実体顕微鏡用撮影装置において、実体顕微鏡から各々の撮像面までの間に光束を複数に光分割する撮影系光分割手段を備えていると共に、その撮影系光分割手段の撮像面側の光路中に各々中間結像面を有して、それらの中間結像面の像を各々の撮像面にリレーするように構成する。

【 0 0 0 9 】

従来の実体顕微鏡用撮影装置の光学系は、結像後に光分割をしているため、焦点距離を変えて距離を調節する場合は、中間結像面から撮像面までの光学系の倍率を維持したままで行うことになる。そのため、焦点距離が長い場合には、レンズ径の大きなものを使用しなければならず、光学系が大型化してしまうことになる。それに対して、本発明の場合には、光分割後に結像させるので、その中間結像面から撮像面までの距離をあまり変化させずに中間結像位置を変えることができ、中間結像面以後のレンズ径をあまり変えなくて済むようになる。また、光分割から中間結像面までの距離をとり、その間に反射部材を入れることで、撮像素子を含む撮像装置の位置や像の向きも調整しやすくなる。

【 0 0 1 0 】

なお、本発明の光分割手段としては、ビームスプリッタ、ハーフミラー、クイックリターンミラーなどがある。また、撮像素子としては、35mmフィルム、APSフィルム、デジタルカメラ用の大型のCCD、TVカメラ用の小型のCCDなど、最近ではその種類が増えてきている。そして、これらの撮像素子の像の最大は、最小のものの9倍以上になっている。そのため、中間結像面からの倍率で焦点距離を調整しようとする、レンズの枚数の増加などによって高価になりやすい。

【 0 0 1 1 】

これを避けるためには、分割後の中間結像倍率を変えて、レンズ枚数がそれほど変わらないようにするとよいが、その条件は、中間結像面から撮像面への倍率をアダプター結像倍率 β としたとき、それぞれの撮影光路で下記(1)式を満たすようにするのがよい。

$$-0.45 \geq \beta \geq -4 \quad \cdots \cdots (1)$$

この場合、アダプター結像倍率 β が上記の上限を超えると、分割したそれぞれの光路で撮像素子の小さい方の光学系のレンズ枚数が増え、下限を超えると、撮像面積の大きな方の光学系のレンズ枚数が増えることになる。

【 0 0 1 2 】

一般に、静止画撮影用の撮像装置は、面積の大きな撮像素子を用い、動画撮影用の撮像装置は、小さな光学系を用いるので、この2種類で分割すると上記条件を満たしやすい。特に、結像回数の多いリレー系と組み合わせるときは、下記の(2)式の条件を満たすとリレー系の像の劣化をもカバーしやすくなる。

$$-0.55 \geq \beta \geq -3 \quad \cdots \cdots (2)$$

この場合、アダプター結像倍率 β が、上限を上回ると分割したそれぞれの光路で撮像素子の小さい光学系の高画質化が難しく、下限を下回ると、撮像面積の大きな光学系の高画質化が難しくなる。特にリレー系のレンズ枚数を減らして構成を簡単にし、中間結像面から撮像面までの光学系で像を改善する場合に有効である。

【 0 0 1 3 】

また、撮像装置として、3板光学系など色分解プリズムを使った光学系を有するTVカメラを使用する場合、色の角度特性の影響がでないようにするために、テレセントリック光学系（射出瞳がほぼ無限遠）を用いるのが普通であるが、それには、中間結像面から撮像面の間に瞳リレーレンズ群と結像レンズ群を設け、結像レンズ群の射出瞳が無限遠になるようにするとよい。しかも、その場合、結像レンズ群として、強い凹面を向かいあわせた二つのレンズを有するガウスタイプのレンズ系を用いると、球面収差や非点収差が補正しやすくなる。また、リレー系により色収差も2次スペクトルが増大して目立つので、特に、上記の強い凹面を持った負レンズに接合するか隣接して配置される凸レンズには、異常分散ガラスを用いると、2次スペクトルが補正しやすくなる。ここで隣接とは、接合せずに僅かな空気間隔をあけたもので、空気レンズの効果をねらったものである。

【 0 0 1 4 】

ところで、実体顕微鏡装置は、実体顕微鏡を、観察物体に対して鏡体を傾けるようにして動かす（ティルト）ことができるようにすると、観察物体の観察位置

を変えて観察するための操作が極めて容易になる。しかしながら、その場合、実体顕微鏡を撮影装置と一緒に動かそうとすると、重量が大きくなって操作性が極めて悪くなる。そのため、動かす部分の軽量化と小型化を図るためには、実体顕微鏡だけをティルトさせるようにすればよいことになるが、そのようにすると、その動きに対応して撮像装置の像が回転してしまうという問題が発生する。

【0015】

このような問題点を解決するには、その像の回転を補正するために、イメージローテータを使い、動かす部分を軽くするのが得策である。特に、撮影部において2つの撮影系に光束を分割される前にアフォーカルの光束を作り、そのアフォーカル光束部にイメージローテータを配置し、実体顕微鏡を θ 回転させたとき、それに連動してイメージローテータを同方向に $\theta/2$ 回転させるようにすると、撮影系で像が回転しないので、実体顕微鏡をティルトしても問題が生じない。また、イメージローテータ部の光束をアフォーカルにすることで、屈折を使ったイメージローテータが使えるため、選択肢が増えるほか、光軸の垂直方向に移動させても像心が動かず調整もしやすい。また、実体顕微鏡のティルト操作を軽くするためには、実体顕微鏡の回転軸に対するモーメントを小さくするのがよく、そのためには、回転軸の延長線上に実体顕微鏡の重心があるようにすればよい。

【0016】

また、イメージローテータは、回転部の強度を強くするために、できるだけ小さいことが好ましい。そのため、イメージローテータ内に、実体顕微鏡の瞳の共役位置があるようにすればよいが、そのためには、実体顕微鏡の瞳をイメージローテータ付近にリレーするために、1回結像のリレー光学系をイメージローテータの物体側に配置するのがよい。そして、特に、実体顕微鏡のアフォーカルズーム系がズーム部と1回結像リレー部からなっている場合は、その1回結像リレー部の一部を、前記の瞳をイメージローテータ付近にリレーする1回結像のリレー光学系と共用させることができ、それによって、光束の引き回しが減らせて小型化ができ、レンズやプリズムの数を減らすことも可能になる。

【0017】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を、四つの実施例によって説明するが、添付図面中、図 1 ～図 1 1 は第 1 実施例を説明するためのものであり、図 1 2 ～2 1 は第 2 実施例を説明するためのものである。また、図 2 2 ～図 2 4 は第 3 実施例を説明するためのものであり、図 2 5 及び図 2 6 は第 4 実施例を説明するためのものである。

【0018】

[第 1 実施例]

図 1 を用いて第 1 実施例の全体構成を説明する。本実施例は、撮影装置を備えた実体顕微鏡装置として構成されており、立体観察しながら観察物体を加工する工業用顕微鏡や、患部を拡大して手術を施す手術用顕微鏡として使用するのに好適な構成となっている。先ず、鏡体 1 は、アーム 2 に取り付けられており、そのアーム 2 は、図示していない架台に取り付けられている。また、鏡体 1 は、アーム 2 に対して回転可能となっていて、観察物体に対して観察方向を自由に変えられるようになっている。

【0019】

鏡体 1 には、対物レンズ 3、アフォーカルズーム光学系 4、光分割光学系 5、鏡筒光学系 6 が収容されている。このうち、対物レンズ 3 は、観察物体からの光束をアフォーカル光束にする光学系である。また、アフォーカルズーム光学系 4 は、対物レンズ 3 からの光束を変倍し、アフォーカル光束で射出する光学系であるが、ズームを必要としない場合であって、固定のアフォーカル変倍光学系（切り替えを含む）や倍率の適切なものが得られる場合には、なくすことが可能である。

【0020】

光分割光学系 5 は、撮影装置や測定装置など顕微鏡の光束を使う場合に設けられるが、本実施例の場合は、鏡体 1 とアーム 2 との接続部に配置したイメージローテータ 7 を介して、後述の二つの撮像装置まで導かれるようになっている。また、鏡筒 6 は、アフォーカル光束を結像させる結像レンズと、像を正立化する正立光学系と、結像した像を目で観察するための接眼レンズを有するが、それらの光学系は周知であるため、図 1 では図示を省略している。また、最近は、この鏡筒 6 に撮像素子を設置し、その像を小型モニターに表示して観察するものや、光

電子増倍管（イメージインテンシファイアー）を使って低照度での観察を可能にしたものなどがあるが、本発明は、そのように構成することを妨げるものではない。

【 0 0 2 1 】

ところで、既に説明したように、実体顕微鏡で観察物体を観察しながら行う作業状態が、その場で周りの人にもわかるようにするために、それを動画（テレビ画像）としてモニターに表示したり、それとは別に細かい部分までわかるようにするため、静止画像として記録できるようにしたいという要求が多い。そのため、本実施例の場合には、架台に取り付けられているアーム 2 が、それに必要な光学系を収容し、かつ複数の撮像装置を取り付け可能にしている。なお、上記のイメージローテータ 7 は、鏡体 1 とアーム 2 の接続部に配置されているが、その機能上から明確なように、実際には撮影光学系の構成部品である。

【 0 0 2 2 】

本実施例の場合には、動画と静止画での撮影を可能にするために、アーム 2 の内部に、光分割素子 1 0（ビームスプリッタやクイックリターンミラーなど）が配置されている。しかしながら、動画と静止画とでは撮像面積が異なるため、同じ範囲を撮影するにはかなり倍率が異なる。また、動画の場合には、ハイビジョンカメラと普通のテレビカメラでは、撮像範囲（画枠サイズ：アスペクト比）が異なるし、静止画の場合には、35mmフィルムカメラ、APSフィルムカメラ、デジタルスチルカメラでは、やはり撮像範囲が異なっている。

【 0 0 2 3 】

そのため、動画と静止画とでは、それぞれ適切な倍率で結像させ、かつ、アダプターレンズを用いて、取り付ける撮像装置にあわせて、倍率を変更するようにすることが好ましい。そこで、本実施例においては、光分割素子 5 を反射したアフォーカル光束を、静止画側はレンズ群 9 とレンズ群 1 1 により、動画側はレンズ群 9 とレンズ群 1 8 によって、各々適切な倍率で結像させるようにしている。このように、レンズ群 9 を共通にすると鏡体 1 に近い部分を細くできるので全体の軽量化に貢献することができる。また、静止画と動画で倍率の差が小さい場合には、レンズ群 1 1 かレンズ群 1 8 の一方を省略することが可能な場合もある。

【 0 0 2 4 】

静止画系は、本実施例では、光分割素子 1 0 の透過側に設置しているが、透過側にすると、観察物体への作業が不自由になる場合は、反射側に設置することになる。静止画系では、レンズ群 9 とレンズ群 1 1 により、静止画中間結像点 1 3 に結像する。そして、この中間結像点 1 3 の像を、静止画アダプター 1 4 により、静止画撮像装置 1 5 の撮像面に結像させる。この場合、静止画アダプター 1 4 は、静止画結像点 1 3 の近くに配置した静止画瞳リレーレンズ 1 6 と静止画アダプター結像レンズ 1 7 で構成するとレンズ枚数を少なくすることができる。

【 0 0 2 5 】

同様に、動画系は、レンズ群 9 とレンズ群 1 8 により動画中間結像点 2 0 に倍率を合わせて結像させる。この結像した光束を動画アダプター 2 3 で小さくして収差を補正しやすくするために、動画瞳リレーレンズ 2 1 を動画中間結像点 2 0 の近くに設置する。動画アダプター 2 3 は、この光束を動画撮像装置 2 5 の撮像面に所定の倍率で結像させるために、動画アダプター結像レンズ 2 4 を有している。動画系では、光束の入射角により特性が変わりシェーディングなどの影響がでやすい。特に、3 板光学系など色分解プリズムを使った光学系の場合には、テレセントリック光学系を使用するか、少なくとも主光線と撮像素子の法線のなす角度を 2° 以内にする必要がある。

【 0 0 2 6 】

本実施例では、静止画アダプター 1 4 に瞳リレーレンズを内蔵したが、動画アダプター 2 3 には瞳リレーレンズを内蔵しなかった。これは、中間結像点がアダプターに近い場合に内蔵し、離れていた場合に内蔵しなかっただけで、場合によっては逆にしなければならないこともある。また、瞳位置の変更の必要がない場合には、いずれのアダプターにも瞳リレーレンズを設けないことがある。なお、イメージローテータ 7、反射部材 8, 1 2, 1 9, 2 2、光分割素子 5, 1 0 の反射や結像によって像が回転するので、反射部材の反射の方向を調整して、観察者の観察している像の上下方向と撮影した像の上下方向を合わせるようにするのが好ましい。その点、本実施例の場合には、光分割素子 1 0 の撮像面側に反射部材が配置されているので、静止画と動画のそれぞれの撮像装置の形態を考慮して

、それらの反射部材の配置と像の向きを変えることが可能である。また、それらの反射部材の配置次第で、アーム 2 を小型化したり作業に影響を与えない形状にすることも可能になる。

【 0 0 2 7 】

また、一般的には、顕微鏡本体から光分割をする撮影装置や他の観察者用の観察装置の光学系は、比較的大きくて重いため、それらをアームの先端に取り付けられている顕微鏡本体に取り付けると、アームの先端部が重くなって安定性が悪くなる。そのため、安定性を得るためには架台の重量を増やす必要があり、顕微鏡装置全体が大型化してしまうという問題がある。そこで、それを防ぐために、上記の撮影装置などの光学系をアームの中に入れてしまうという方法が考案されていて、本実施例もその方法を採用している。このように、アーム 2 内に、テレビカメラ、銀塩フィルム使用のスチルカメラ、デジタルスチルカメラなどの撮像装置 1 5, 2 5 用の光学系を内蔵すると、アーム 2 の先端部がそれだけ小型・軽量になり、顕微鏡装置全体の大型化を避けることができるほか、観察者が観察物体を直接見る場合、見やすくすることも可能になる。

【 0 0 2 8 】

さらに、顕微鏡で観察する場合、観察者は、観察物体に対する観察方向を変えて観察することがある。特に、図 2 に示した矢印方向へ回転可能とするのが好ましい。そのためには、鏡体 1 とアーム 2 の接続部を回転軸にし、アーム 2 に対して鏡体 1 を回転させ得るようにすればよい。しかしながら、撮像装置 1 5, 2 5 はアーム 2 に取り付けられているため、鏡体 1 を単純に回転させると、図 3 に示すように、その回転方向に対応して像も回転し、観察者が観察している像（実線「A」）の上下方向と撮影した像（破線「A」，二点鎖線「A」）の上下方向が一致しなくなる。そこで、本実施例では、この像の回転を補正するために、鏡体 1 の回転 θ に対して、 $\theta / 2$ の回転をするイメージローテータ 7 を配置している。これにより、撮影する像の回転が起きないほか、アーム 2 の先端部の軽量化も可能になる。また、このとき、イメージローテータ 7 の回転軸のほぼ延長上に実体顕微鏡（鏡体 1 と鏡筒 6）の重心があるようにすると、アーム 2 に対して鏡体 1 を小さい力で回転させることが可能になる。

【 0 0 2 9 】

上記のような本実施例の全体構成において、176mmの結像レンズと視野数17.6対応の接眼レンズを備えた鏡筒6で観察している像を、撮影系の対角に投影する光学系の一例を、以下に示す。なお、各々のレンズデータ表において、 r は曲率半径、 d は面間隔、 n は屈折率、 v はアッベ数を示しており、このことは、他の実施例の場合も同じである。

【 0 0 3 0 】

先ず、静止画光学系（レンズ群9から反射部材12まで）のレンズデータを表1に示す。なお、この表1においては、1～3面がレンズ群9、4～5面が光分割素子10、6～7面がレンズ群11、8～9面が反射部材12である。また、9面から静止画中間結像点13までの距離は、11.5mmである。

【 0 0 3 1 】

表 1

<静止画光学系>

	r	d	nd	vd
1	46.563	4	1.48749	70.2
2	-52.717	2	1.57099	50.8
3	295.605	72.69		
4	平面	18	1.51633	61.1
5	平面	4		
6	-24.903	2.6	1.6968	55.5
7	-31.806	22		
8	平面	62	1.51633	61.1
9	平面	11.5		
10	中間結像点			

【 0 0 3 2 】

このような静止画光学系に、レンズ交換式の35mmスチルカメラ（35mmフィルムを使用するスチルカメラ）を取り付ける場合は、2.41倍に像を拡大する必要がある。そこで、その場合において、静止画アダプター14に設けられ

ている光学系のレンズデータを表 2 に示す。なお、この表 2 においては、2 ～ 3 面が静止画瞳リレーレンズ群 1 6 で、4 ～ 1 0 面が静止画アダプター結像レンズ 1 7 である。

【 0 0 3 3 】

表 2

< 3 5 mm スチルカメラ用アダプターレンズ >

	r	d	nd	v d
1	中間結像点	1 5		
2	- 8 5 . 8 7 2	4 . 7	1 . 5 8 9 1 3	6 1 . 1
3	- 2 1 . 5 9 2	2 3 . 2		
4	8 . 8 8 3	4 . 8	1 . 7 2 9 1 6	5 4 . 6
5	- 1 4 . 8 0 4	1 . 5	1 . 7 8 4 7	2 6 . 2
6	2 8 . 3 0 8	3 . 4		
7	- 1 4 . 6 6 5	1 . 3	1 . 7 8 4 7	2 6 . 2
8	8 . 2 9 4	2 . 5		
9	2 2 . 3 4 9	2 . 6	1 . 8 0 5 1 8	2 5 . 4
10	- 1 6 . 2 5 4	6 0		

11 最終像面 (フィルム面)

アダプター結像倍率 $\beta = - 2 . 4 1$

【 0 0 3 4 】

また、この光学系の断面図を図 4 に示し、レンズ群 9 から上記レンズまでの収差図を図 5 に示す。なお、収差図は、左から球面収差、非点収差、歪曲収差を示しているが、このことは、他の実施例の場合も含めて以後に示す収差図も同じである。

【 0 0 3 5 】

静止画撮像装置 1 5 として、デジタルスチルカメラを使用することがある。そして、そのデジタルスチルカメラがレンズ交換式である場合は、撮影面積が違うだけであるから、上記の 3 5 mm スチルカメラの場合と同様の設計で対応することができる。しかし、レンズ交換式でないデジタルスチルカメラを使いたいこと

もある。そのときには、そのデジタルスチルカメラが、マクロ機能を使い中間結像面を直接撮影して適切な倍率を得られる機種であれば、使用することが可能である。そして、その場合には、静止画アダプター 1 4 に設けられている静止画瞳リレーレンズ 1 6 と静止画アダプター結像レンズ 1 7 の両方が不要な場合と、静止画アダプター結像レンズ 1 7 だけが不要な場合とがあるが、いずれの場合にも、デジタルスチルカメラのレンズが、静止画アダプター結像レンズ 1 7 の役目をすることになる。

【 0 0 3 6 】

他方、デジタルスチルカメラのレンズだけでは、マクロ機能での拡大が十分でないか、瞳位置が適切でないためにケラレが発生するような場合には、静止画瞳リレーレンズ 1 6 だけを付けた静止画アダプター 1 4 にデジタルスチルカメラを取り付けることになる。この場合には、静止画瞳リレーレンズ 1 6 によってアフォーカル光束にし、デジタルスチルカメラのレンズのフォーカス位置を無限遠とする。このように設定すると、ほとんどの高画質のデジタルスチルカメラに対応することが可能になる。そこで、その場合における静止画瞳リレーレンズ 1 6 のレンズデータの一例を表 3 に示す。

【 0 0 3 7 】

表 3

<デジタルスチルカメラ用静止画瞳リレーレンズ>

	r	d	n d	v d
1	中間結像点	1 4 . 2		
2	- 3 8 . 8 4 2	5 . 3 7	1 . 8 4 6 6 6	2 3 . 8
3	3 8 . 8 4 2	1 3 . 9 3	1 . 5 8 9 1 3	6 1 . 1
4	- 3 8 . 8 4 2	1 . 2 8		
5	1 8 5 . 5 6 7	7 . 8	1 . 4 8 7 4 9	7 0 . 2
6	- 5 7 . 8 3 7	1 . 2 8		
7	4 4 . 3 4 4	1 0 . 7 4	1 . 4 8 7 4 9	7 0 . 2
8	1 1 1 . 6 4			

【 0 0 3 8 】

この場合における静止画瞳リレーレンズ 1 6 の断面図を図 6 に示し、レンズ群 9 から静止画瞳リレーレンズ 1 6 までの光学系の収差図を図 7 に示す。なお、この図 7 に示された歪曲収差図をみると、約 1 0 % と大きくなっているが、この画像はデジタルデータで得られるので、画像処理によって簡単に補正することができる。また、そのようにできることから、レンズ枚数を削減することも可能であって、周辺光量不足が生じて、デジタル画像処理によって十分に改善することができる。

【 0 0 3 9 】

また、図 6 に示した静止画瞳リレーレンズ 1 6 は、デジタルスチルカメラのレンズの焦点距離が、3 5 m m スチルカメラ換算で 1 0 0 m m 程度のとき、撮影範囲が対角になるようにしている。デジタルスチルカメラのレンズの焦点距離は、このくらいの画角でレンズを小さくすることができ、枚数も比較的少なくすることができる。1 / 2 インチの C C D を用いたデジタルスチルカメラの場合には、3 5 m m スチルカメラ換算 1 0 0 m m のレンズでのアダプター結像倍率は、0 . 5 6 倍程度になる。そのため、高画質を得るためには、デジタルスチルカメラのレンズの他に、多くのレンズが必要になる。

【 0 0 4 0 】

次に、動画の撮影系としては、光分割素子 1 0 の反射側において動画中間結像点 2 0 に像を結像させるレンズ群（低倍変倍レンズ）1 8 と、動画アダプター結像レンズ 2 4 の光束を小さくするための動画瞳リレーレンズ 2 1 がある。また、動画撮像装置 2 5 が好適な位置に取り付けられるようにするために、反射部材 1 9 , 2 2 が配置されている。そこで、この動画光学系（光分割素子 1 0 から反射部材 2 2 まで）のレンズデータの一例を表 4 に示す。なお、この表 4 においては、1 ~ 2 面が光分割素子 1 0 、3 ~ 4 面がレンズ群 1 8 、5 面が反射部材 8 、6 面が中間結像点（中間結像面）、7 ~ 8 面が動画瞳リレーレンズ 2 1 、9 面が反射部材 2 2 である。そして、この光学系においては、静止画中間結像倍率と動画結像倍率の差をつけることにより中間結像点から最終結像点までの光学系の光学性能の劣化を小さくしている。

【 0 0 4 1 】

表 4

<動画光学系>

	r	d	nd	v d
1	平面 (ビームスプリッタ)	1 8	1. 5 1 6 3 3	6 1. 1
2	平面	1		
3	2 9. 5 8 2	2. 5	1. 5 1 6 3 3	6 1. 1
4	平面	8. 5		
5	反射面	1 6. 6 2		
6	中間結像点	5		
7	4 9. 9 9 1	3	1. 5 1 6 3 3	6 1. 1
8	平面	3 0. 3 2		
9	反射面			

静止画中間像高／動画中間像高 = 2. 4 6

【0 0 4 2】

動画アダプター結像レンズ 2 4 は、動画アダプター 2 3 の中に設置されているが、この動画アダプター 2 3 を交換することによって撮像サイズの異なる複数の動画撮像装置 2 5 に対応できるようになっている。そこで、以下においては、1 / 4 インチの CCD に対応した動画アダプター結像レンズ 2 4 のデータの一例を表 5 に示すと共に、その動画アダプター結像レンズの断面図を図 8 に示し、レンズ群 9 からその動画アダプター結像レンズまでの光学系の収差図を図 9 に示す。また、1 / 3 インチの CCD に対応した動画アダプター結像レンズ 2 4 のデータの一例を表 6 に示すと共に、その動画アダプター結像レンズの断面図を図 1 0 に示し、レンズ群 9 からその動画アダプター結像レンズまでの光学系の収差図を図 1 1 に示す。

【0 0 4 3】

表 5

<1 / 4 インチ CCD 対応動画アダプターレンズ>

	r	d	nd	v d
1	反射面	1 7		

2	28.707	3.2	1.7859	44.2
3	-39.982	0.25		
4	9.44	5.8	1.788	47.4
5	-10.5	1.2	1.7847	26.3
6	4.703	3.1		
7	-4.951	1.2	1.6177	49.8
8	21.353	5.8	1.51633	64.1
9	-7.644	0.2		
10	24.76	2.34	1.6968	55.5
11	-58.474	22.39		

12最終像面（撮像面）

アダプター結像倍率 $\beta = -0.624$

【0044】

表6

<1/3インチCCD対応動画アダプターレンズ>

	r	d	nd	v d
1	反射面	17		
2	26.85	3.4	1.788	47.4
3	-50.682	0.3		
4	10.612	6.2	1.79952	42.2
5	-8.394	1.3	1.7847	26.3
6	5.353	3.2		
7	-5.385	1.2	1.6223	53.2
8	12.	6.4	1.51633	64.1
9	-8.317	0.2		
10	23.287	2.8	1.6968	55.5
11	平面	30.29		
12	最終像面（撮像面）			

アダプター結像倍率 $\beta = -0.834$ 倍

【 0 0 4 5 】

図 8 と図 1 0 から分かるように、これらの二つの動画アダプター結像レンズには、ガウスタイプのレンズ系を採用した。この光学系により、非点収差の補正とテレセントリックにすることが容易になる。しかも、このテレセントリック化により、3 板式の動画撮像装置にも対応できるようになる。ガウスタイプが有効に使える範囲は、アダプター結像倍率 β が、下記の (3) 式の範囲である。

$$-0.55 \geq \beta \geq -1.3 \quad \dots (3)$$

この範囲の上限を上回ると、非点収差が大きくなり、周辺像が劣化する。また下限を越えてテレセントリックにすると、バックフォーカスが長くなって、動画撮像装置 2 5 を動画アダプター結合レンズ 2 4 より、かなり離して配置しなければならないため、アーム 2 からの突出量が大きくなって、バランスの点で好ましくないものになってしまう。

【 0 0 4 6 】

[第 2 実施例]

第 1 実施例では、実体顕微鏡の瞳とイメージローテータが離れているため、光束が広がり、イメージローテータを大きくせざるを得ないという問題がある。ところが、上記したように、イメージローテータは、鏡体とアームとの接続部に設けられた回転機構の中に配置されるので、イメージローテータが大きくなるとその回転機構も大きくなり、装置全体の大型化につながってしまう。そのため、第 2 実施例においては、この点を改善するために、実体顕微鏡の瞳をイメージローテータにリレーするために、瞳リレー光学系をイメージローテータの物体側に配置するようにした。

【 0 0 4 7 】

そこで、本実施例の構成を、図 1 2 及び図 1 3 を用いて説明する。なお、図 1 2 は本実施例の正面図であり、図 1 3 は図 1 2 の上面図である。第 1 実施例における実体顕微鏡は、鏡体 1 と鏡筒 6 で構成されていたが、本実施例では、鏡体 2 6 と、光分割部 2 7 と、鏡筒 2 8 とで構成されている。そして、鏡体 2 6 には、第 1 実施例における対物レンズやアフォーカルズーム光学系が配置されている。また、鏡筒 2 8 には、第 1 実施例と同様に、アフォーカル光束を結像させる結像

レンズや正立光学系や接眼レンズが配置されている。そして、本実施例の実体顕微鏡は、光分割部 2 7 でアーム 2 9 に接続されている。なお、本実施例において、鏡体 2 6 と光分割部 2 7 とが分離可能であり、また、光分割部 2 7 と鏡筒 2 8 が分離可能になっている。このようにすると、生産上でもメンテナンス上でも都合がよいし、例えば、異なる構成の鏡体との交換も可能になる。このことは、第 3 実施例の場合も同じである。

【 0 0 4 8 】

鏡体 2 6 とアーム 2 9 との接続部には、イメージローテータ 3 6 が配置されており、第 1 実施例の場合と同様に、鏡体 2 6 の θ 回転に対してイメージローテータ 3 6 が $\theta / 2$ 回転するようになっている。なお、図示を省略してあるが、アーム 2 9 には、第 1 実施例のアーム 2 に収容された光学系と全く同じ光学系が収容されている。また、アーム 2 9 に取り付けられる 2 種類のアダプター光学系も同じである。従って、以下の説明においては、それらの光学系には、第 1 実施例の符号をそのまま採用する。

【 0 0 4 9 】

次に、光分割部 2 7 に収容されている光分割光学系を説明する。光分割素子 3 0 と光合成素子 3 1 とは、観察物体からの光束を左右に分割している。アーム 2 9 に光束を導くのは、アーム 2 9 から離れている左側に配置された光分割素子 3 0 である。この左側光路では、実体顕微鏡の瞳をアフォーカルリレー系 3 3 でイメージローテータ 3 6 付近にリレーする。そのため、アフォーカルリレー系 3 3 は、内部で結像させている。しかも、リレー距離が長い方が光学性能を向上しやすいので、結像を 1 回にし、リレー系結像点 3 5 のみにしている。また、リレー距離の長い割にコンパクトにまとめるため、反射部材 3 2、3 4 を使って光束を引き回している。そこで、以下に、光分割素子 3 0 と撮像装置 1 5、2 5 との間に配置されている光学系の具体例を示す。

【 0 0 5 0 】

先ず、イメージローテータ 3 6 の物体側のアフォーカルリレー系 3 3 から静止画光学系の静止画中間結像点 1 3 までの光学系のレンズデータの一例を表 7 に示す。この例は、鏡筒 2 8 の結像レンズの焦点距離が 2 1 0 m m で視野数 2 1 の接

眼レンズで観察する像を、撮影範囲が内接するように撮影する場合のものである。なお、この表7においては、1～11面がアフォーカルリレー系33、12～13面がイメージローテータ36、14～15面が反射部材8、16～18面がレンズ群9、19～20面が光分割素子10、21～22面がレンズ群11、23～24が反射部材12である。また、実体顕微鏡の眼視光学系の入射瞳位置は第1面より物体側に120mm前後の位置にある。このレンズ系の合成の焦点距離は164.1mmである

【0051】

表7

<静止画光学系>

	r	d	n d	v d
1	84.149	4	1.48749	70.2
2	-23.09	2	1.57501	41.5
3	-55.913	50		
4	平面	20	1.51633	64.1
5	平面	17.8		
6	リレー系結像点	67.3		
7	-30.875	2	1.741	52.6
8	73.091	3.5	1.48749	70.2
9	-28.75	0.2		
10	82.152	2.8	1.48749	70.2
11	-42.032	22.		
12	平面(イメージローテータ)	36.9	1.7859	44.2
13	平面	6		
14	平面	18	1.51633	64.1
15	平面	21		
16	58.474	3.7	1.48749	70.2
17	-58.474	2.3	1.54814	45.8
18	平面	72.7		

19	平面(ビームスプリッタ)	1 8.	1. 5 1 6 3 3	6 4. 1
20	平面	3. 3		
21	- 3 0. 5 7 5	4. 1	1. 7 2 9 1 6	5 4. 7
22	- 4 2. 8 7 7	1 1. 6		
23	平面	6 0	1. 5 1 6 3 3	6 4. 1
24	平面	1 2. 6		
25	静止画中間結像点			

【 0 0 5 2 】

次に、静止画アダプター 1 4 に設けられる 2 種類の光学系について説明するが、まず、静止画撮像装置 1 5 が 3 5 mm フィルムを使用するスチルカメラである場合における光学系のレンズデータの一例を表 8 に示す。この表 8 において、2 ～ 3 面が静止画瞳リレーレンズ 1 6 で、4 ～ 1 0 面が静止画アダプター結像レンズ 1 7 である。また、この光学系の断面図を図 1 4 に示し、アフォーカルリレー系 3 3 からこの光学系までの収差図を図 1 5 に示す。一般には、リレー回数を増やすと収差が劣化するが、この場合には、リレー間隔の長いリレー系により、第 1 実施例と同等の光学性能を維持している。

【 0 0 5 3 】

表 8

< 3 5 mm スチルカメラ用アダプターレンズ >

	r	d	n d	v d
1	静止画中間結像点	1 5.		
2	3 2. 4 1 7	5	1. 5 8 9 1 3	6 1. 1
3	- 5 6. 7 7 8	2 4. 1		
4	8. 7 1 8	7	1. 5 8 9 1 3	6 1. 1
5	- 6. 2 7 8	1. 5	1. 8 0 1	3 5.
6	- 1 7. 8 7 4	3. 5		
7	- 9. 3 4 9	1. 3	1. 7 4	2 8. 3
8	9. 6 6 4	3. 6		
9	4 1. 3 5 3	2. 8	1. 8 0 5 1 8	2 5. 4

10 - 1 8 . 8 8 4 5 5 . 3

11 結像点 (フィルム面)

アダプター結像倍率 $\beta = - 2 . 6 4$ 倍

【 0 0 5 4 】

次に、静止画撮像装置 1 5 がデジタルスチルカメラの場合を説明する。本実施例においても第 1 実施例と同様に、静止画アダプター結像レンズ 1 7 は、デジタルカメラの撮影レンズである。そこで、デジタルスチルカメラ用の静止画瞳リレーレンズ 1 6 のレンズデータを下記の表 9 に示す。そして、このレンズ 1 6 の断面図を図 1 6 に示す。また、このレンズ 1 6 は、デジタルカメラのレンズの焦点距離が 3 5 m m スチルカメラ換算で 1 0 0 m m 程度のとき撮影範囲が対角になるようにしている。この焦点距離のレンズを想定して、収差図を図 1 7 に示す。また、1 / 2 インチ前後の C C D を使ったデジタルスチルカメラを用いた場合、アダプター結像倍率は、0 . 5 5 倍となる。そのため、収差を良好に補正するためには、デジタルスチルカメラのレンズとあわせて多数のレンズが必要になる。

【 0 0 5 5 】

表 9

< デジタルスチルカメラ用静止画瞳リレーレンズ >

	r	d	n d	v d
1	中間結像点	1 4 . 3 3		
2	3 8 . 8 5 8	4 . 8 4	1 . 6 9 8 9 5	3 0 . 1
3	2 4 . 3 2 7	3 . 7 4		
4	6 7 . 4	1 2 . 8 9	1 . 5 1 6 3 3	6 4 . 1
5	- 2 0 . 2 4 4	4 . 7 1	1 . 7 4 0 7 7	2 7 . 8
6	- 5 2 . 4 8 9	1 . 2 1		
7	6 6 . 9 2 9	1 0 . 9 1	1 . 6 9 1	5 4 . 8
8	- 4 8 . 0 9 1			

【 0 0 5 6 】

次に、本実施例の動画光学系のレンズデータを下記の表 1 0 に示す。1 ~ 2 面が光分割素子 1 0、3 ~ 4 面がレンズ群 1 8、5 面が反射部材 8、6 面が中間結

像点、7～8面が動画瞳リレーレンズ21、9面が反射部材22である。本実施例の場合も第1実施例の場合と同様に、静止画中間結像倍率と動画結像倍率の差をつけることにより、中間結像点から最終結像点までの光学系の光学性能の劣化を小さくしている。

【0057】

表10

<動画光学系>

	r	d	n d	v d
1	平面(ビームスプリッタ)	18	1.51633	64.1
2	平面	1		
3	29.517	2.5	1.48749	70.2
4	平面	8.5		
5	反射面	16.2		
6	第2結像点	5		
7	47.576	3	1.48749	70.2
8	平面	30.8		
9	反射面			

静止画中間像高／動画中間像高 = 2.41

【0058】

そこで、この動画光学系に取り付ける動画アダプター結合レンズ24の例を2つ示すことにする。まず、1/4インチのCCDに対応したレンズデータの一例を下記の表11に示すと共に、そのレンズの断面図を図18に示し、アフォーカルリレー系33からそのレンズまでの光学系の収差図を図19に示す。なお、4面と8面のガラスが異常分散ガラスである。また、1/3インチのCCDに対応したレンズデータの一例を下記の表12に示すと共に、そのレンズの断面図を図20に示し、アフォーカルリレー系33からそのレンズまでの光学系の収差図を図21に示す。この場合にも、4面と8面のガラスが異常分散ガラスである。

【0059】

表11

<1/4インチCCD対応動画アダプターレンズ>

	r	d	nd	vd
1	反射面	1.7		
2	24.425	3.2	1.7725	49.6
3	-42.663	0.3		
4	8.915	5.8	1.497	81.5
5	-74.324	1.4	1.801	35.
6	6.511	2.4		
7	-7.269	1.4	1.64769	33.8
8	13.876	5.8	1.497	81.5
9	-11.063	0.2		
10	31.68	2.6	1.788	47.4
11	-31.68	2.7		
12	第3結像点(撮像面)			

アダプター結像倍率 $\beta = -0.67$

【0060】

表12

<1/3インチCCD対応動画アダプターレンズ>

	r	d	nd	vd
1	反射面	1.4		
2	30.228	3.4	1.8061	40.9
3	-75.854	0.3		
4	7.826	6.2	1.497	81.5
5	-32.053	1.4	1.741	52.6
6	6.331	2.4		
7	-9.866	1.4	1.76182	26.5
8	9.866	6.4	1.497	81.5
9	-11.838	0.2		
10	21.223	3.3	1.762	40.1

11 - 5 9 . 8 8 1 3 8

12 第 3 結像点 (撮像面)

アダプター結像倍率 $\beta = -0.895$

【0061】

本実施例の場合は、第 1 実施例の場合よりもリレー回数が 1 回多いにもかかわらず、球面収差や非点収差は同等である。さらに、アダプターレンズ内の凹面を向かい合わせている二つの接合レンズには、それぞれ異常分散ガラスを用いているので、紫の色にじみが目立たないようにになっている。この異常分散ガラスは、部分分散比 θ_{gF} が、一般のガラスと異なるガラスである。なお、アッベ数 ν_d 、部分分散比 θ_{gF} 、部分分散比の平均からの差 $\Delta \theta_{gF}$ を、以下の式 (4) ~ (6) のように定義したとき、 $\Delta \theta_{gF} \geq 0.01$ で効果が表れ始め、 $\Delta \theta_{gF} \geq 0.025$ で効果が顕著になる。

$$\nu_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C) \quad \dots (4)$$

$$\theta_{gF} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C) \quad \dots (5)$$

$$\Delta \theta_{gF} = \theta_{gF} + 0.00162 \nu_d - 0.6416 \quad \dots (6)$$

ここで、 n_d は d 線での屈折率、 n_C は C 線での屈折率、 n_F は F 線での屈折率、 n_g は g 線での屈折率である。

【0062】

次に、図 12 及び図 13 における光合成素子 31 の右側光路について説明する。ここには、モニター 40 の画像を重ねる光学系が設置されている。モニター 40 からの光束は、コリメーターレンズ 39 によりアフォーカル光束にし、反射部材 38、39 で光路を引き回したうえ、光合成素子 31 で合成する。これにより、モニター 40 に、測定データや、前記撮影系で撮影したデジタル静止画や、動画を表示するようにすれば、それを接眼レンズでの観察で確認することができる。また、手術用顕微鏡の場合、事前に撮影した CT や MRI のデータから作成した 3 次元画像を重ねると、術者が正確な状態を把握でき失敗を減らすことができる。また、直接の物体像が明るく見づらい場合には、光合成素子 31 の物体側に絞りを配置し、その絞りの径によりモニター 40 の像の明るさと観察像の明るさを調整するようにするとよい。さらに、観察像と重ねる必要がない場合には、そ

の絞りの代わりにシャッターを配置し、観察像の光束を完全に遮断するとよい。

【 0 0 6 3 】

なお、鏡筒 2 8 は、2 人の観察者が向かいあって観察できるものなど、目的が異なる他の機能を有するものであってもよいし、異なる種類の鏡筒を交換できるように構成されていてもよい。また、光分割部 2 7 を収容している鏡体部と対物レンズやズーム光学系を収容している鏡体部とを分離可能にしておく、後者の鏡体部の光学系を、ズームやドラム変倍など使用目的や価格に対応して選択することができ、顕微鏡のシステム化が可能になる。

【 0 0 6 4 】

[第 3 実施例]

次に、第 3 実施例を図 2 2 ～図 2 4 を用いて説明する。まず、図 2 2 及び図 2 3 に示された構成を説明する。なお、図 2 2 は本実施例の正面図であり、図 2 3 は図 2 2 の上面図である。上記の第 2 実施例で説明した顕微鏡光学系の構成は、一人で観察するか、対向して 2 人で観察するのに適しているが、本実施例は、一人の観察者の向いている方向とは直角方向に向いて、もう一人の観察者が観察できるようにしたものである。なお、第 2 実施例と実質的に変わらないものには、同じ符号を用いている。

【 0 0 6 5 】

図 2 2 において、観察物体からの光束は、鏡体 2 6 内において対物レンズや変倍レンズによってアフォーカル光束にされ、光分割部 4 1 に射出される。光分割部 4 1 では、光束を 3 方に分割する。まず、左側光分割素子 4 2 と右側光分割素子 4 3 を透過した光束は、鏡筒 2 8 に入射し、結像や像回転をして接眼レンズで観察される。また、左側光分割素子 4 2 で反射された二番目の光束は、リレー系結像点 3 5 で結像するアフォーカルリレー系 3 3 に入射し、第 2 実施例の場合と同様に実体顕微鏡の瞳をイメージローテータ 4 5 付近にリレーする。なお、本実施例においては、第 2 実施例における反射部材 3 2, 3 4 の代わりとして、光路中に反射部材 4 4 が配置されている。

【 0 0 6 6 】

図 2 3 に示されたイメージローテータ 4 5 は、アーム 2 9 との接続部に配置さ

れている。そして、このイメージローテータ 4 5 は、第 2 実施例のイメージローテータ 3 6 と同様に、入射光軸を回転軸にして、顕微鏡の θ の回転に対して $\theta / 2$ 回転し、撮影系の像回転を補正する。ただし、本実施例のイメージローテータ 4 5 には、ドーブプリズムを使っている。このプリズムは、第 2 実施例のイメージローテータ 3 6 に比べ、プリズムの光軸に対する垂直方向の面積を小さくすることができる。しかしながら、その反面、プリズム自体の光軸方向の長さが長くなるという欠点がある。光軸方向の長さを短くするために、プリズムの屈折率を高くすればよいが、そのようにすると、多少は短くなるが、着色が発生してしまう。従って、使用条件に応じて、異なるイメージローテータを選択することになる。また、第 2 実施例のイメージローテータ 3 6 を採用しても構わない。

【 0 0 6 7 】

他方、右側光分割素子 4 3 によって反射された三番目の光束は、図 2 3 に示されているように、観察者から離れる方向に反射し、二番目の光束の光軸と直交した後、側視鏡 4 6 に入射する。側視鏡としては、単眼のものやハーフミラーにより両眼で見るようにしたものもあるが、本実施例では、瞳分割による弱い立体画像が観察できるものを設置している。そこで、その側視鏡を、図 2 4 を用いて説明する。まず、結像レンズ 4 7 が、右側光分割素子 4 3 を射出したアフォーカル光束を結像点 4 9 に結像させる。

【 0 0 6 8 】

結像点 4 9 で結像した光束は、コリメータレンズ 5 2 で再びアフォーカル光束にされ、イメージローテータ 5 3 を通過する。このイメージローテータ 5 3 は、観察者が回転させることによって、観察像の向きを自由に変えるためのものである。イメージローテータ 5 3 を射出した光束は、瞳分割部 5 4 で分割され、鏡筒 5 5 の左右の光学系に入射する。このように、結像レンズ 4 7 とコリメータレンズ 5 2 でアフォーカルリレー系になっており、鏡体 2 6、光分割部 4 1、鏡筒 2 8 からなる実体顕微鏡内の観察系の瞳を、瞳分割部 5 3 の光束を左右に分割する位置付近にリレーする。

【 0 0 6 9 】

また、右側光分割素子 4 3 からコリメータレンズ 5 2 までの間に、反射部材 4

8、50、51を設けている。そして、各々の反射部材48、50、51の入射光軸を回転軸にして、それよりも像側となる光学系を一体にして回転できるようにしてある。そのため、先ず、反射部材48以後の光学系を一体にして回転させると、鏡筒55による観察者の位置を、鏡筒28による観察者の右側にしたり左側にしたりすることができる。図23は左側にした場合を、図24は右側にした場合で示してある。

【0070】

次に、反射部材50、51以後の光学系を回転させると、観察方向や位置を変えられる。また、瞳分割部54の入射光軸を回転軸に対し、それ以後の光学系を一体で回転させると、左右の瞳位置の調整ができて観察しやすくなる。その場合、鏡筒55を傾斜角可変の鏡筒にしておくと、観察者が代わったときに観察者の体型の差による観察位置の差を補正しやすい。上記の各回転による観察像の回転は、観察者がイメージローテータ53を回転させて適宜調整する。なお、鏡体26から側視鏡46（鏡筒55が必要な場合これを含む）までの全体の反射回数が偶数回になるように反射部材48、50、52の反射回数を調整することが必要になる。（これにより、鏡像になることを防ぐ。）

【0071】

本実施例は、このような配置構成をしているため、側視鏡を鏡体の側面に取り付けた場合よりも側視鏡が邪魔にならず、鏡筒28の観察者が、観察しながら作業しやすくなっている。また、側方観察者の位置を左右に変更することも容易になる。

【0072】

[第4実施例]

実体顕微鏡の場合には、ズーム比を大きくしたり、鏡体を動かさずに焦点調節が行えたりすることなどへの要求が大きい。しかしながら、このような要求をかなえようとすると、ズーム系や対物レンズが長くなり、観察者の覗く位置と、観察物体との距離が長くなり、観察しながら観察物体に作業を加えることがやりにくくなる。実施例4は、その点を改善をしたものである。図25は、観察状態における観察者の右側から見た本実施例の光学系の構成図であり、図26は図25

の上面図である。

【 0 0 7 3 】

本実施例の鏡体 5 6 は、対物レンズ 5 9、反射部材 6 0、アフォーカルズーム光学系 6 1 L、6 1 R、リレー系結像レンズ 6 2 L、6 2 R、反射部材 6 3 L、6 3 R、6 4 L、6 4 R、光分割素子 6 5 L、6 5 R、観察系コリメータレンズ 6 6 L、6 6 R、反射部材 6 7 L、6 7 R とを備え、かつ、反射部材 6 5 L で分割された光路には撮影系コリメータレンズ 6 9 と反射部材 7 0、7 1 とを備えているほか、照明系の光源 7 2、照明レンズ 7 3、照明系反射部材 7 4 を備えている。なお、上記のうち、アフォーカルズーム光学系 6 1 L、リレー系結像レンズ 6 2 L の一部、反射部材 6 3 L は、図示されていない。

【 0 0 7 4 】

そして、この鏡体 5 6 には、反射部材 6 7 L、6 7 R からの光束出射位置に鏡筒 5 7 を取り付け、観察可能としている。また、この鏡体 5 6 に接続されているアーム 5 8 には、上記の各実施例の場合と同様に、図 1 のアーム 2 に収容されている光学系や取り付けられる光学系（本発明における撮影部）が備えられている。しかも、鏡体 5 6 とアーム 5 8 との接続部には、イメージローテータ 7 5 が配置され、鏡体 5 6 の θ 回転に対して、イメージローテータが $\theta / 2$ 回転し、像の回転を補正するようになっていく。

【 0 0 7 5 】

対物レンズ 5 9 は、構成するレンズの一部（グリノー式実体顕微鏡の場合は、対物レンズ全体を動かしても可）を動かして焦点位置を変える。この対物レンズ 5 9 は、観察物体面からの光束をアフォーカル光束として射出する。その光束を反射部材 6 0 で反射し、アフォーカルズーム光学系 6 1 L、6 1 R に入射し、変倍した後アフォーカル光束で射出する。反射部材 6 0 を設けない場合には、対物レンズ 5 9 から鏡筒 5 7 の接眼レンズまでの光路が図 2 5 の上下方向に長くなりすぎてしまうが、本実施例の場合には、そのような不都合がないようになっている。

【 0 0 7 6 】

しかし、反射部材 6 0 を設けると、アフォーカルズーム光学系 6 1 L、6 1 R

の射出位置が離れ、反射部材 6 3 L, 6 3 R, 6 4 L, 6 4 R, 6 7 L, 6 7 R を入れただけでは、アフォーカル光束が広がってケラレが生じ、鏡筒 5 7 部に光束を取り入れることができなくなる（鏡筒 5 7 は、左右一对の光学系のためレンズの直径に制限がある）。そこで、これをなくすために、内部にリレー系結像点 7 6 L, 7 6 R をもつアフォーカルリレー系を、リレー系結像レンズ 6 2 L, 6 2 R と観察系コリメータレンズ 6 6 L, 6 6 R で構成し、アフォーカルズーム光学系 6 1 L, 6 1 R により決まる瞳または瞳想定位置を、鏡筒 5 7 の瞳または瞳想定位置にリレーする。これにより、観察者の目の位置と観察物体の距離を近付けることができる。また、鏡体 5 6 は、観察者の前方に突き出た形状になるだけなので、観察物体に対する作業性には問題ない。

【 0 0 7 7 】

このような観察光学系は、1 回結像により像が反転（1 8 0 度回転）しているため、鏡筒 5 7 に正立光学系がいらなくなる。しかし、鏡筒 5 7 を他の実体顕微鏡と共用できるようにしたいときは、鏡体 5 6 内で像を反転させるようにする必要があるが、その場合には、鏡体 5 7 内の反射系で正立光学系を構成するようにするか、結像回数を偶数回にするなどの方法が考えられる。

【 0 0 7 8 】

鏡体 5 7 内の観察光学系にリレー系がある場合、理論的には、そのリレー系を、第 2 実施例や第 3 実施例で説明したような、イメージローテータを小型化するための瞳リレー光学系と共用にできる可能性がある。しかしながら、実際には、鏡筒 5 7 とイメージローテータ 7 5 との光路の差から共通化は難しい。そこで、リレー系結像点 7 6 L, 7 6 R 後の光束をアフォーカルにするコリメータレンズを、他のコリメータレンズに変えることで対応するのが現実的である。そのため、本実施例では、リレー系結像点 7 6 L と観察系コリメータレンズ 6 6 L の間に光分割素子 6 5 L を配置し、その光分割素子 6 5 の反射側に撮影系コリメータレンズ 6 9 を配置して、観察系の瞳をイメージローテータ 7 5 付近にリレーしている。また、反射部材 7 0, 7 1 により、イメージローテータ 7 5 の回転軸（入射光軸と一致）の延長上に実体顕微鏡（鏡体 5 6 と鏡筒 5 7）の重心があるように調整している。

【 0 0 7 9 】

このように、本実施例では、リレー系結像点 7 6 L、7 6 R は、第 2 実施例のようにアフォーカルリレー系の中ではなく、その外部近辺にある。このことは、リレー系の周辺の収差補正に有効であり、特にリレー系の長さが短いときに効果がある。また、撮影系コリメータレンズ 6 9 は、分離した 2 群からなっているが、このように 2 群にすることによって、一方のレンズ群を光軸方向に動かして焦点位置の調整を可能にし、他方のレンズ群を光軸に垂直な平面内で動かして像の中心を調整可能にしている。

【 0 0 8 0 】

また、本実施例では照明系を内臓している。この照明系は、光源 7 2 からの光を照明レンズ 7 3 で観察物体付近に集め、できるだけ観察物体に、照明光による影ができないようにすると共に、照明系反射部材 7 4 によって、観察系の光束に近付けるようにしている。また、手術用顕微鏡などのようにドレープで顕微鏡を覆う場合には熱がこもってしまうので、熱の発生の少ないファイバー製のライトガイドを使い、光源位置に、そのライトガイドの端面を置くようにすると好適である。

【 0 0 8 1 】

さらに、本実施例の場合には、光分割素子 6 5 R の反射側に、第 3 実施例で示した側視鏡を取り付けることが可能である。また、光分割素子 6 5 R を逆向きに付けると、第 2 実施例で示したようなスーパーインポーズ装置（図 1 3 の反射部材 3 7 ～モニター 4 0）を取付けることも可能である。また、観察系コリメータレンズ 6 6 L、6 6 R と反射部材 6 7 L、6 7 R との間隔を空けてそれらの間にビームスプリッタを配置し、そこで分割された光路上にもう一つの鏡筒を取り付けると、鏡筒 5 7 の観察物体から観察者の目までの直線距離を大きくせずに、2 人の観察者が対向して観察できるようになる。

【 0 0 8 2 】

以上説明したように、本発明は、特許請求の範囲に記載した特徴のほかに下記の特徴を有している。

(1) 中間結像面での像に対する撮像面での倍率が、アダプター結像倍率を β と

したとき、それぞれの撮影光路で、下記の条件式（１）を満たしていることを特徴とする請求項１に記載の実体顕微鏡用撮影装置。

$$-0.45 \geq \beta \geq -4 \quad \dots \quad (1)$$

（２）中間結像面での像に対する撮像面での倍率が、アダプター結像倍率を β としたとき、それぞれの撮影光路で、下記の条件式（２）を満たしていることを特徴とする請求項１に記載の実体顕微鏡用撮影装置。

$$-0.55 \geq \beta \geq -3 \quad \dots \quad (2)$$

【 0 0 8 3 】

（３）各々の中間結像面から撮像面までの光路中に、それぞれ瞳リレーレンズ群と結像レンズ群とが配置されていて、それらの結像レンズ群の射出瞳がほぼ無限遠となるように構成されており、かつ各々の結像レンズ群は、強い凹面を向かいあわせた二つのレンズを有しているガウスタイプのレンズ系で構成されていることを特徴とする請求項１に記載の実体顕微鏡用撮影装置。

（４）前記ガウスタイプのレンズ系は、前記の強い凹面を持った負レンズに、異常分散ガラスを用いている凸レンズを、接合させているか隣接させていることを特徴とする上記（３）に記載の実体顕微鏡用撮影装置。

【 0 0 8 4 】

（５）イメージローテータの回転軸の延長線上に実体顕微鏡の重心があることを特徴とする請求項２に記載の実体顕微鏡用撮影装置。

【 0 0 8 5 】

（６）実体顕微鏡には、該実体顕微鏡の瞳を撮像装置へリレーする１回結像のリレー光学系が配置され、該リレー光学系によって投影される瞳の像位置付近にイメージローテータが配置されていることを特徴とする請求項１に記載の実体顕微鏡用撮影装置。

【 0 0 8 6 】

（７）中間結像面での像に対する撮像面での倍率が、アダプター結像倍率を β としたとき、それぞれの撮影光路で、下記の条件式（１）を満たしていることを特徴とする請求項３に記載の実体顕微鏡装置。

$$-0.45 \geq \beta \geq -4 \quad \dots \quad (1)$$

【 0 0 8 7 】

(8) 各々の中間結像面から撮像面までの光路中に、それぞれ瞳リレーレンズ群と結像レンズ群とが配置されていて、それらの結像レンズ群の射出瞳がほぼ無限遠となるように構成されており、各々の結像レンズ群は、強い凹面を向かいあわせた二つのレンズを有するガウスタイプのレンズ系で構成されていて、その強い凹面を持った負レンズには、異常分散ガラスを用いている凸レンズを、接合させているか隣接させていることを特徴とする請求項 3 に記載の実体顕微鏡装置。

【 0 0 8 8 】

(9) 撮影部の内部に撮影像を回転させるイメージローテータを配置しており、該イメージローテータの物体側には、実体顕微鏡の瞳を該イメージローテータ付近にリレーする 1 回結像のリレー光学系を配置したことを特徴とする請求項 3 に記載の実体顕微鏡装置。

【 0 0 8 9 】

(1 0) 実体顕微鏡のアフォーカルズーム系が、ズーム部と 1 回結像リレー部からなり、実体顕微鏡の瞳をイメージローテータ付近にリレーする 1 回結像のリレー光学系と前記 1 回結像リレー部の一部を共用することを特徴とする上記 (8) に記載の実体顕微鏡装置。

【 0 0 9 0 】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、実体顕微鏡（顕微鏡本体）と撮影装置を離して配置することができ、しかも、実体顕微鏡を大型化せず、かつ鏡体まわりの形状を複雑にしないで済むので、観察者が実体顕微鏡で観察しながら行う作業や顕微鏡の操作が好適に行えるという特徴がある。また、実体顕微鏡と撮影装置とを接続する光路中にイメージローテータを配置した場合には、実体顕微鏡の観察方向を変えても撮影される像の回転が自動的に補正され、観察者が観察している状態と同じ影像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

第 1 実施例の光学系の全体を示した構成説明図である。

【図 2】

第 1 実施例の実体顕微鏡装置の側面図である。

【図 3】

第 1 実施例で得られる影像を説明するための図である。

【図 4】

第 1 実施例の静止画撮像装置 1 5 が 3 5 m m フィルムを使用するスチルカメラの場合における静止画アダプター 1 4 内のレンズ構成の一例を示す断面図である。

【図 5】

図 4 に示したレンズを採用したときにおけるレンズ群 9 以降の収差図である。

【図 6】

第 1 実施例の静止画撮像装置 1 5 がデジタルスチルカメラの場合における静止画アダプター 1 4 内のレンズ構成の一例を示す断面図である。

【図 7】

図 6 に示したレンズを採用したときにおけるレンズ群 9 以降の収差図である。

【図 8】

第 1 実施例の動画撮像装置 2 5 が 1 / 4 インチ C C D を備えている場合における動画アダプター結像レンズ 2 3 のレンズ構成の一例を示す断面図である。

【図 9】

図 8 に示したレンズを採用したときにおけるレンズ群 9 以降の収差図である。

【図 1 0】

第 1 実施例の動画撮像装置 2 5 が 1 / 3 インチ C C D を備えている場合における動画アダプター結像レンズ 2 3 のレンズ構成の一例を示す断面図である。

【図 1 1】

図 1 0 に示したレンズを採用したときにおけるレンズ群 9 以降の収差図である。

【図 1 2】

第 2 実施例における光学系の構成説明図であって、主として撮影装置への光分割部を示したものである。

【図 1 3】

図 1 2 の上面図である。

【図 1 4】

第 2 実施例において、静止画撮像装置 1 5 が 3 5 m m フィルムを使用するスチルカメラの場合における静止画アダプター 1 4 内のレンズ構成の一例を示す断面図である。

【図 1 5】

図 1 4 に示したレンズを採用したときにおけるアフォーカルリレー系 3 3 以降の収差図である。

【図 1 6】

第 2 実施例において、静止画撮像装置 1 5 がデジタルスチルカメラの場合における静止画アダプター 1 4 内のレンズ構成の一例を示す断面図である。

【図 1 7】

図 1 6 に示したレンズを採用したときにおけるアフォーカルリレー系 3 3 以降の収差図である。

【図 1 8】

第 2 実施例において、動画撮像装置 2 5 が 1 / 4 インチ C C D を備えている場合における動画アダプター結像レンズ 2 3 のレンズ構成の一例を示す断面図である。

【図 1 9】

図 8 に示したレンズを採用したときにおけるアフォーカルリレー系 3 3 以降の収差図である。

【図 2 0】

第 2 実施例において、動画撮像装置 2 5 が 1 / 3 インチ C C D を備えている場合における動画アダプター結像レンズ 2 3 のレンズ構成の一例を示す断面図である。

【図 2 1】

図 2 0 に示したレンズを採用したときにおけるアフォーカルリレー系 3 3 以降の収差図である。

【図 2 2】

第 3 実施例における光学系の構成説明図であって、主として撮影装置への光分割部を示したものである。

【図 2 3】

図 2 2 の上面図である。

【図 2 4】

第 3 実施例に備えられている側視鏡の光学系の構成説明図である。

【図 2 5】

第 4 実施例における光学系の構成説明図であって、主として実体顕微鏡の鏡体内の光学系を示したものである。

【図 2 6】

図 2 5 の上面図である。

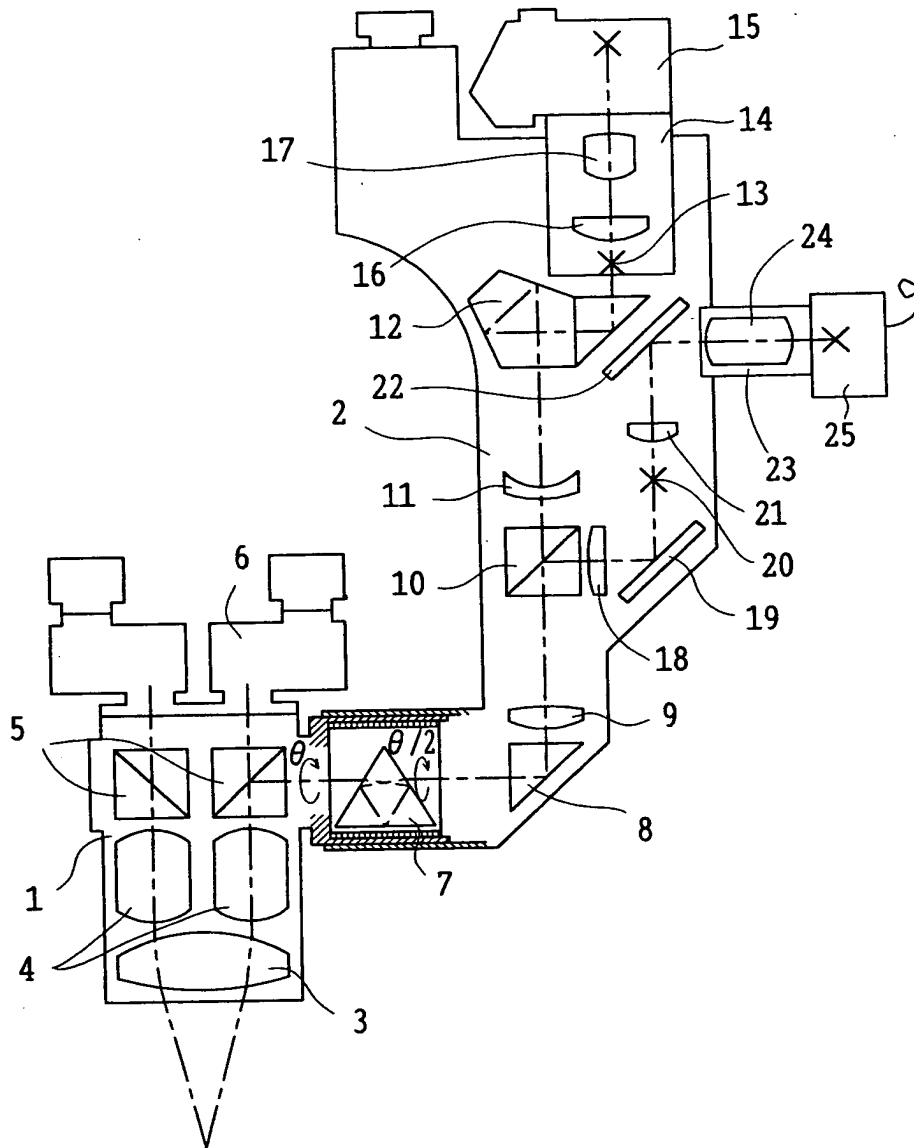
【符号の説明】

1, 2 6, 5 6	鏡体
2, 2 9, 5 8	アーム
3, 5 9	対物レンズ
4, 6 1 R	アフォーカルズーム光学系
5	光分割光学系
6, 2 8, 5 5, 5 7	鏡筒
7, 3 6, 4 5, 5 3, 7 5	イメージローテータ
8, 1 2, 1 9, 2 2, 3 2, 3 4, 3 7, 3 8, 4 4, 4 8, 5 0, 5 1, 6 0, 6 3 R, 6 4 L, 6 4 R, 6 7 L, 6 7 R, 7 0, 7 1	反射部材
9, 1 1, 1 8	レンズ群
1 0, 3 0, 6 5 L, 6 5 R	光分割素子
1 3	静止画中間結像点
1 4	静止画アダプター
1 5	静止画撮像装置
1 6	静止画瞳リレーレンズ
1 7	静止画アダプター結像レンズ

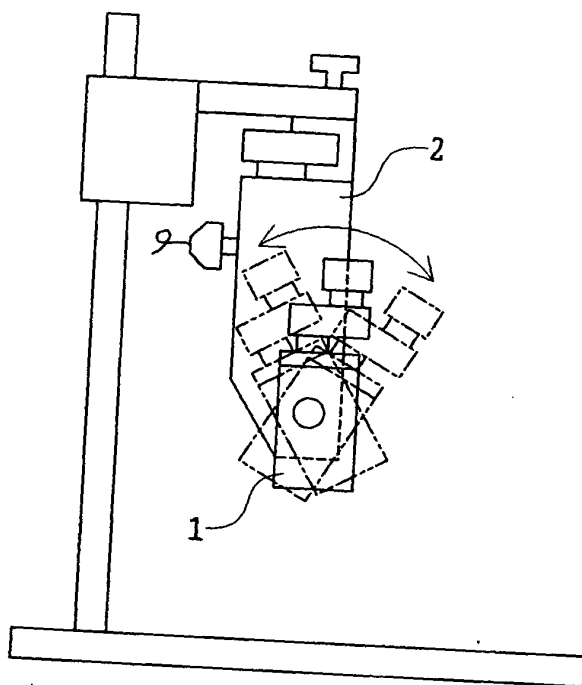
2 0	動画中間結像点
2 1	動画瞳リレーレンズ
2 3	動画アダプター
2 4	動画アダプター結像レンズ
2 5	動画撮像装置
2 7, 4 1	光分割部
3 1	光合成素子
3 3	アフォーカルリレー系
3 5	リレー系結像点
3 9, 5 2	コリメータレンズ
4 0	モニター
4 2	左側光分割素子
4 3	右側光分割素子
4 6	側視鏡
4 7	結像レンズ
4 9	結像点
5 4	瞳分割部
6 2 L, 6 2 R	リレー系結像レンズ
6 6 L, 6 6 R	観察系コリメータレンズ
6 9	撮影系コリメータレンズ
7 2	光源
7 3	照明レンズ
7 4	照明系反射部材

【書類名】 図面

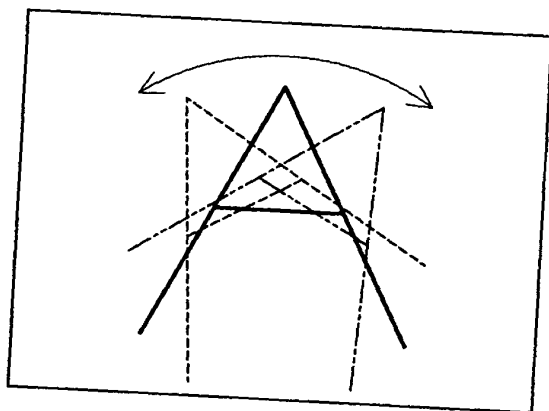
【図 1】



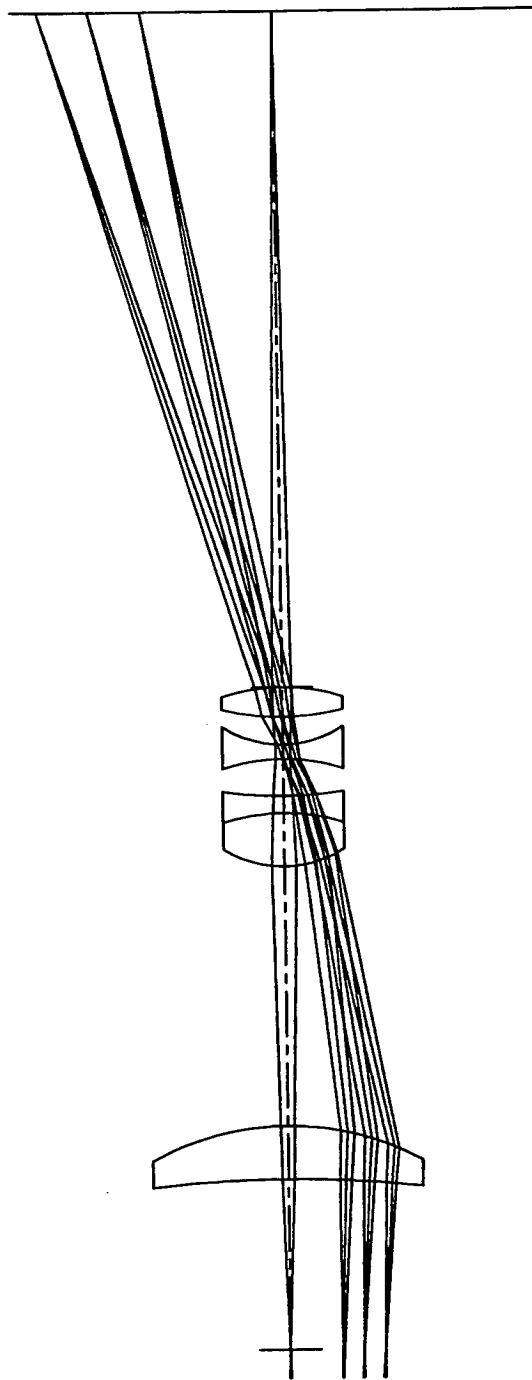
【図2】



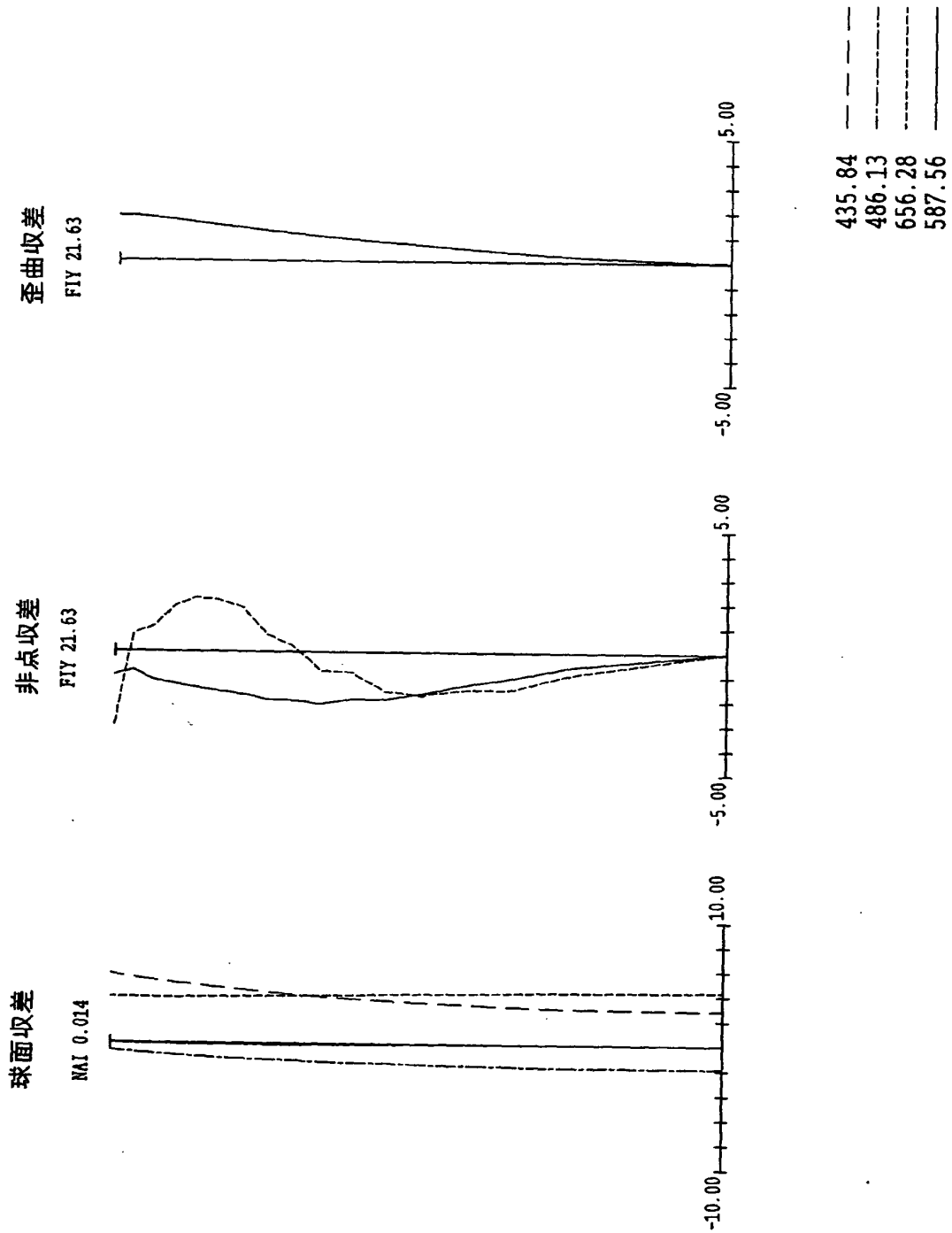
【図3】



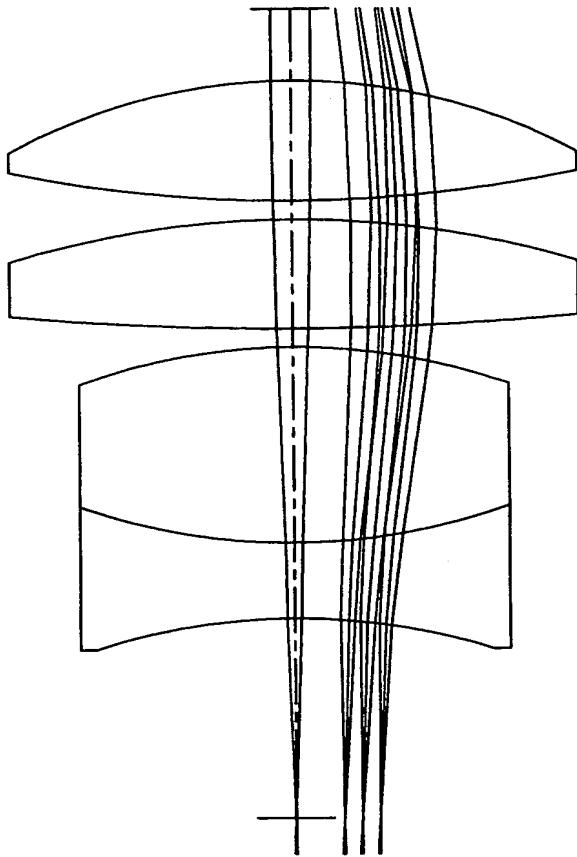
【図 4】



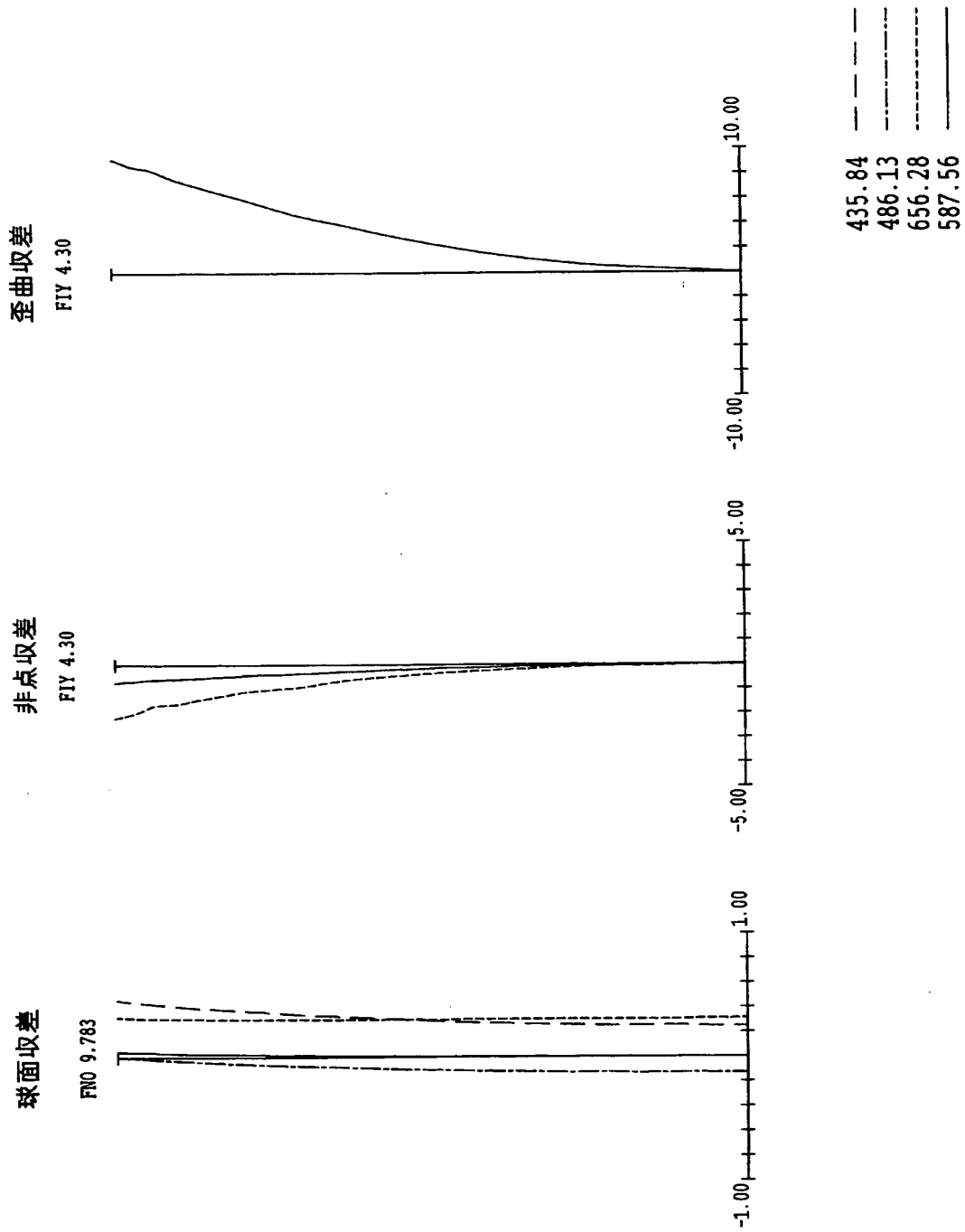
【图 5】



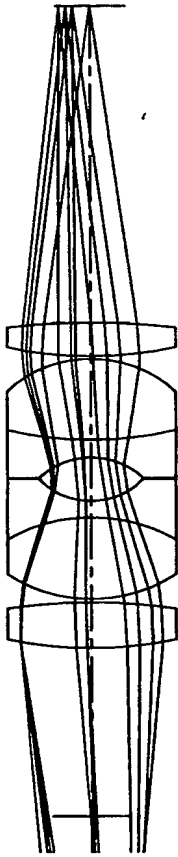
【図 6】



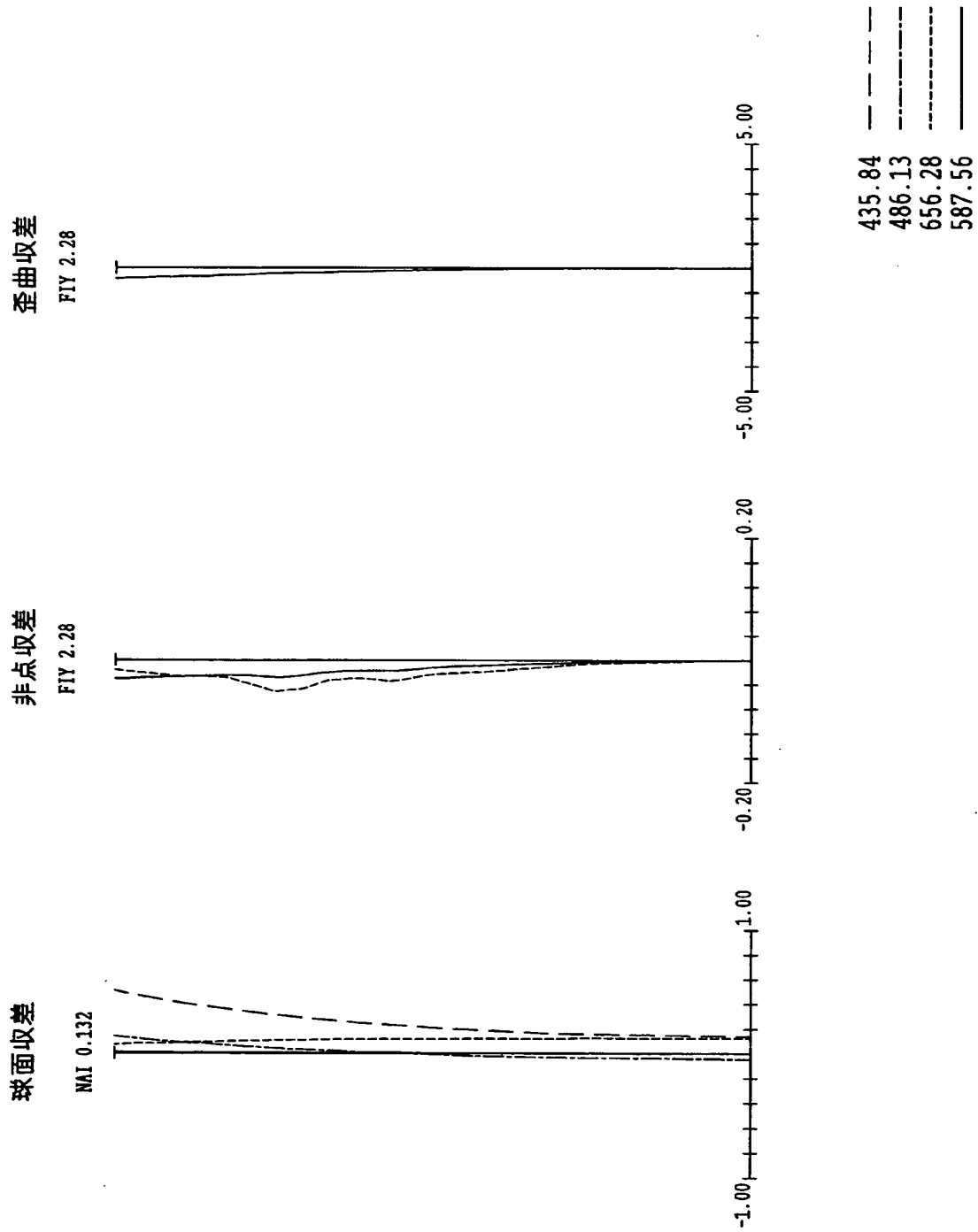
【图 7】



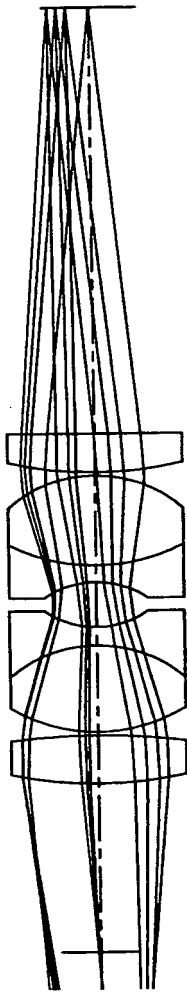
【図 8】



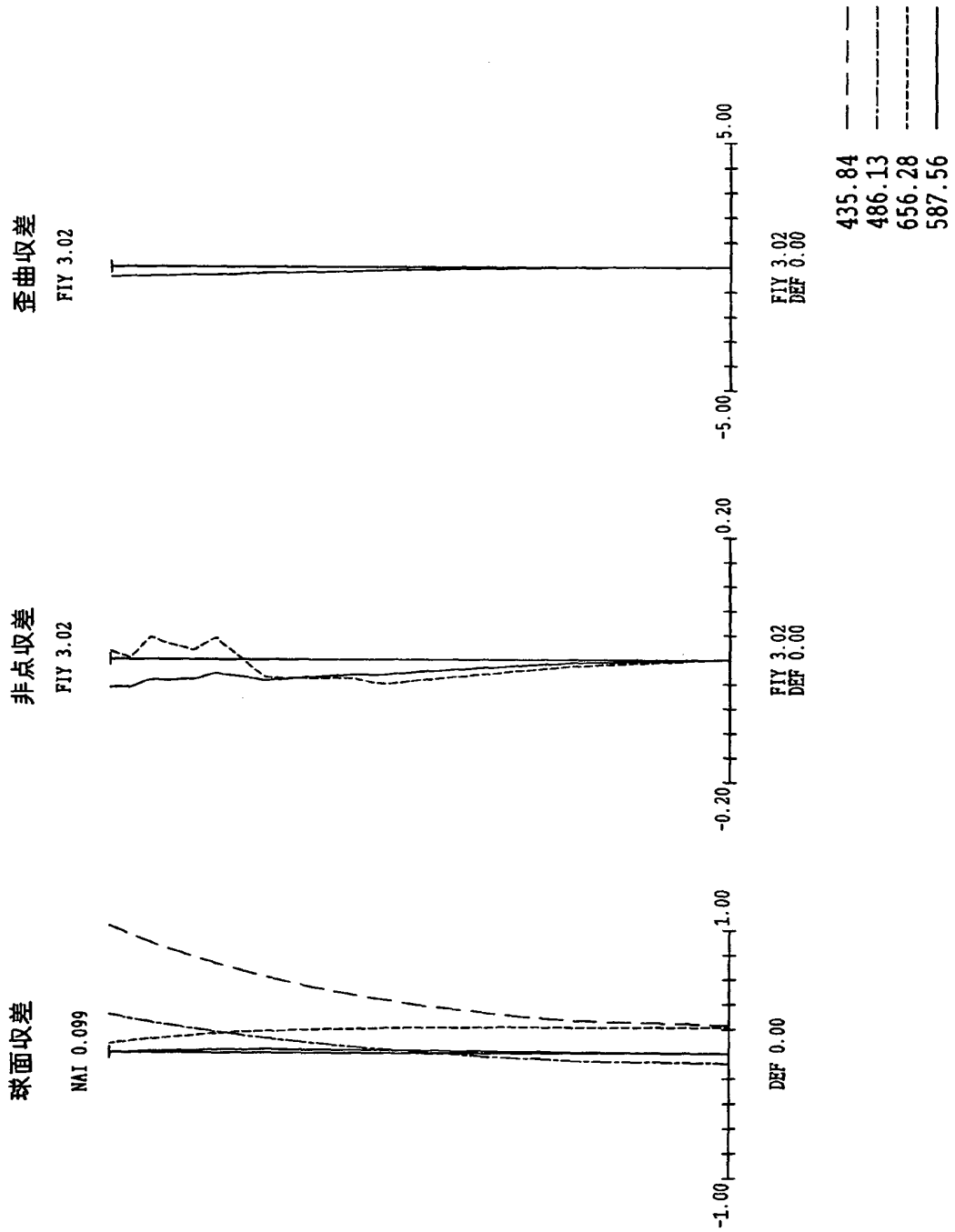
【図 9】



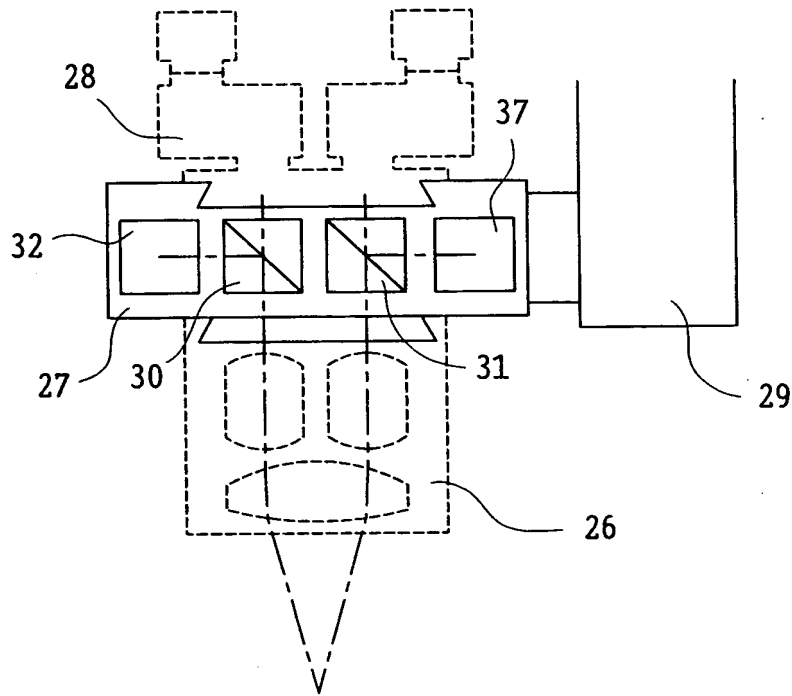
【図 1 0】



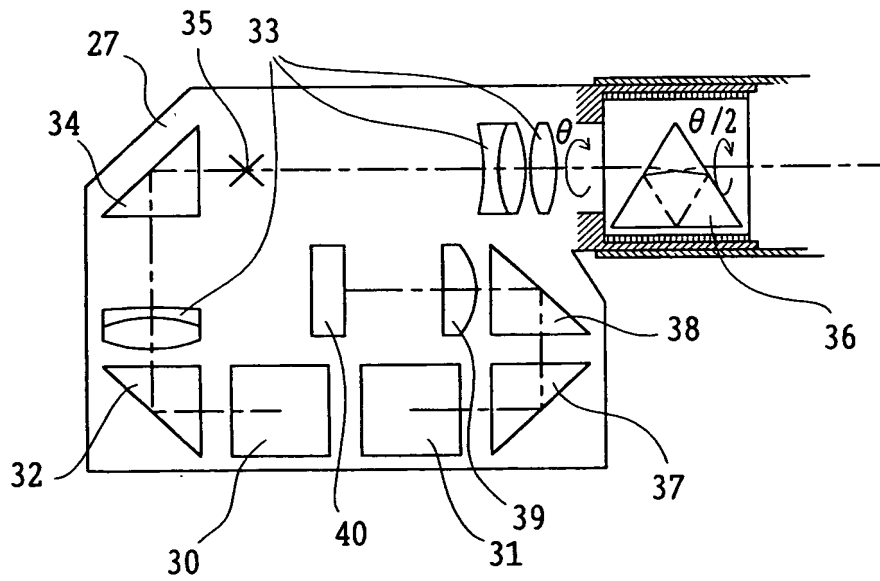
【図 11】



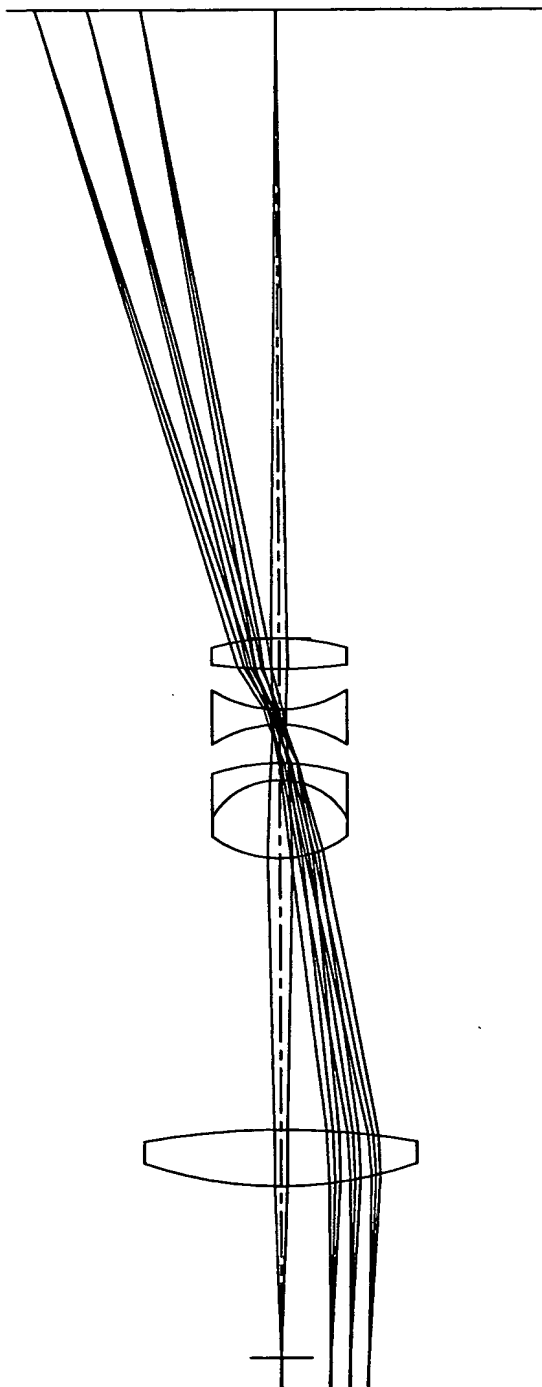
【図 12】



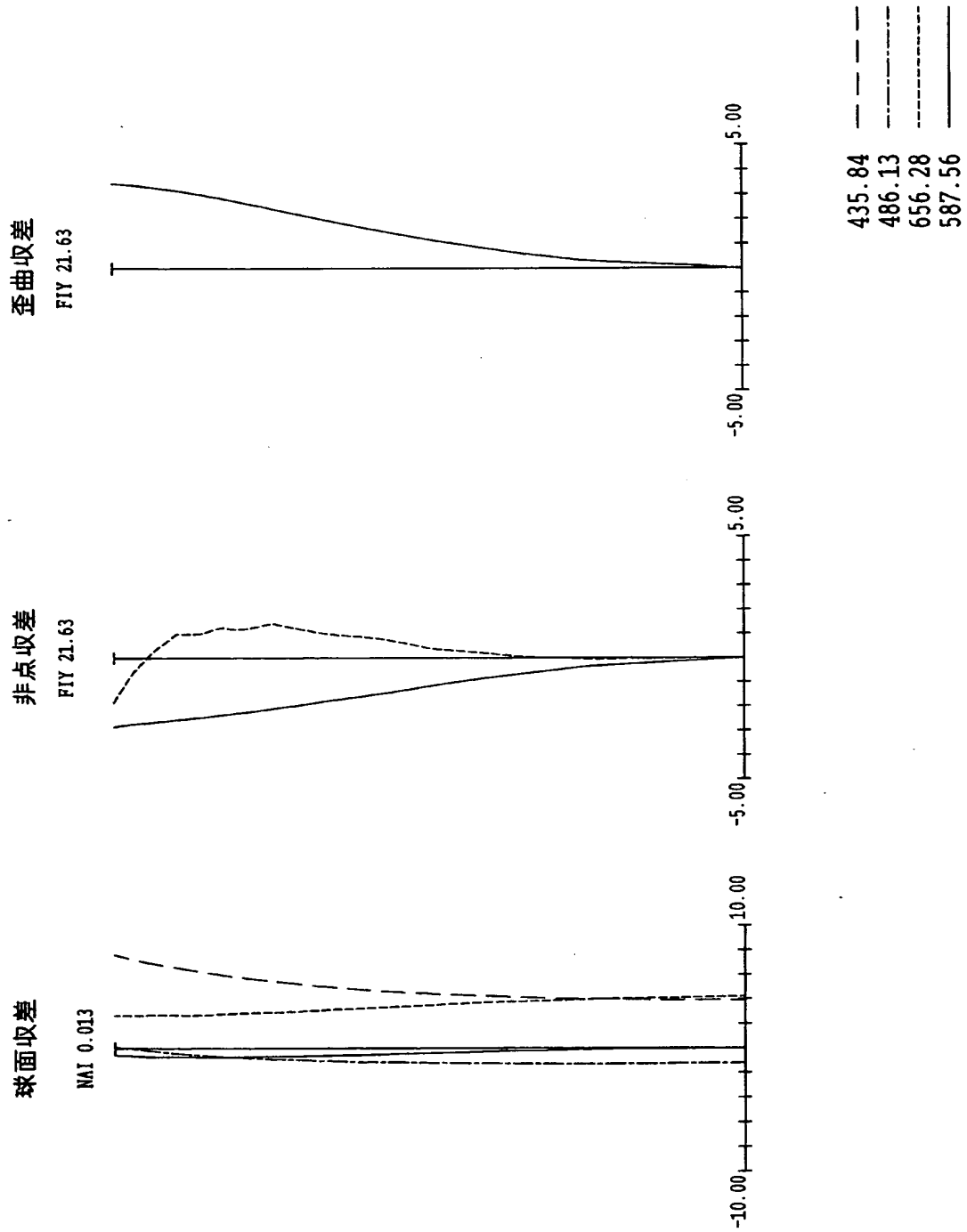
【図 13】



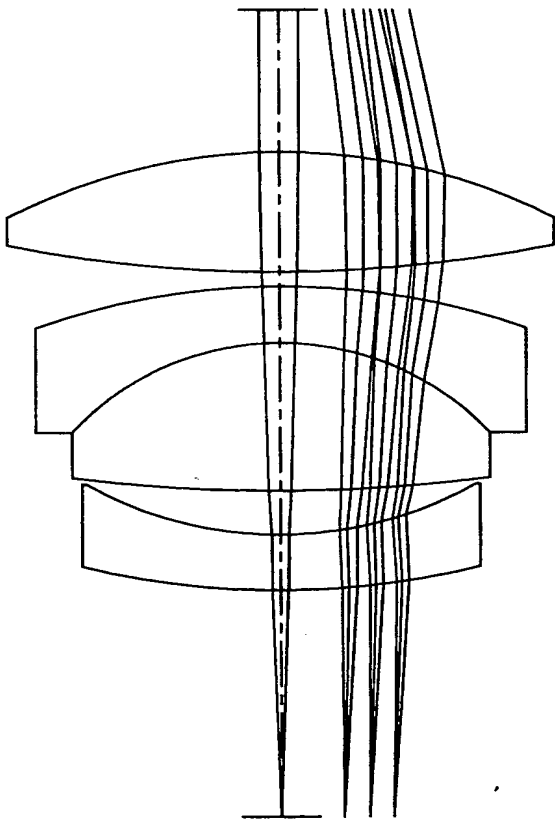
【図 1 4】



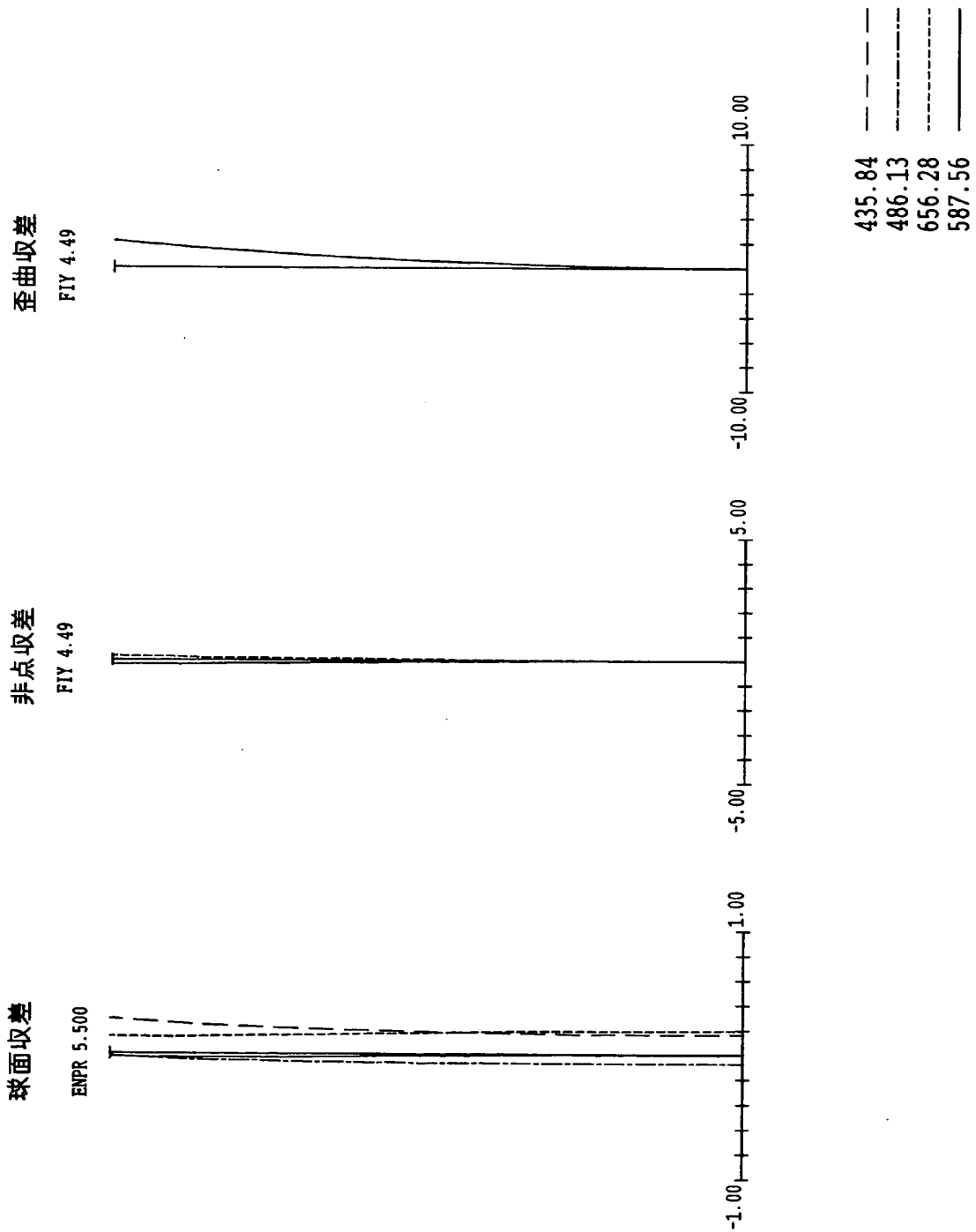
【図 15】



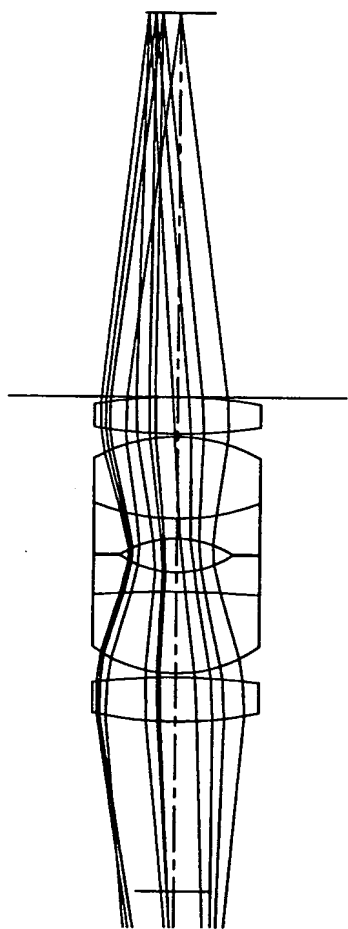
【図 1 6】



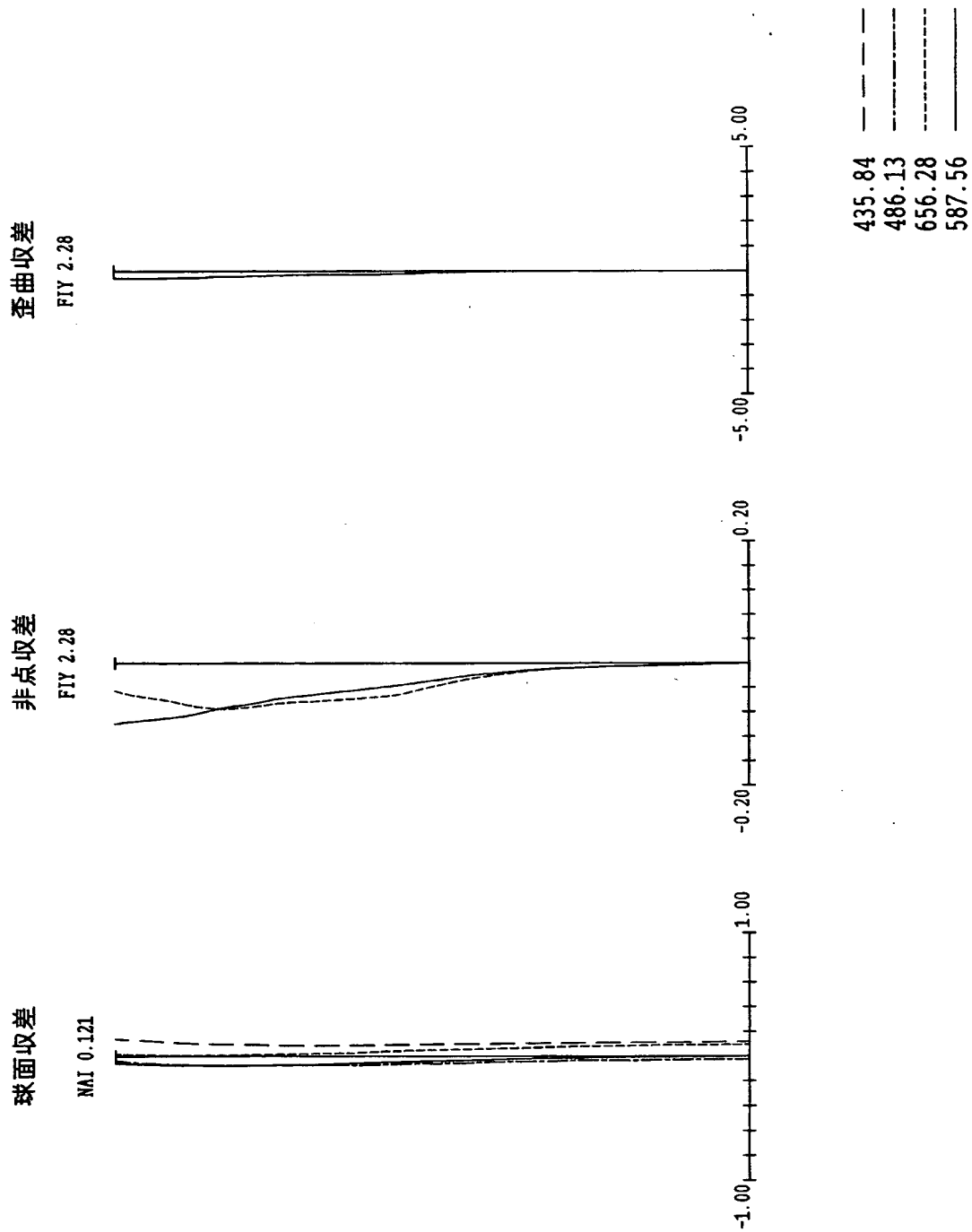
【図 1 7】



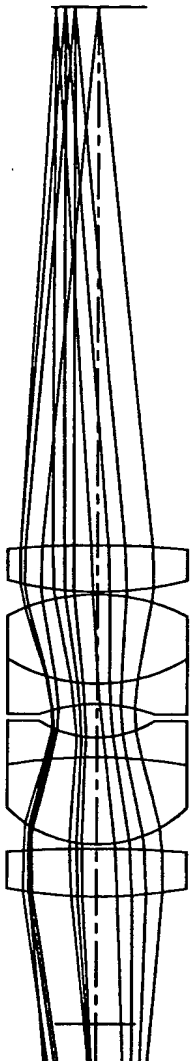
【図 1 8】



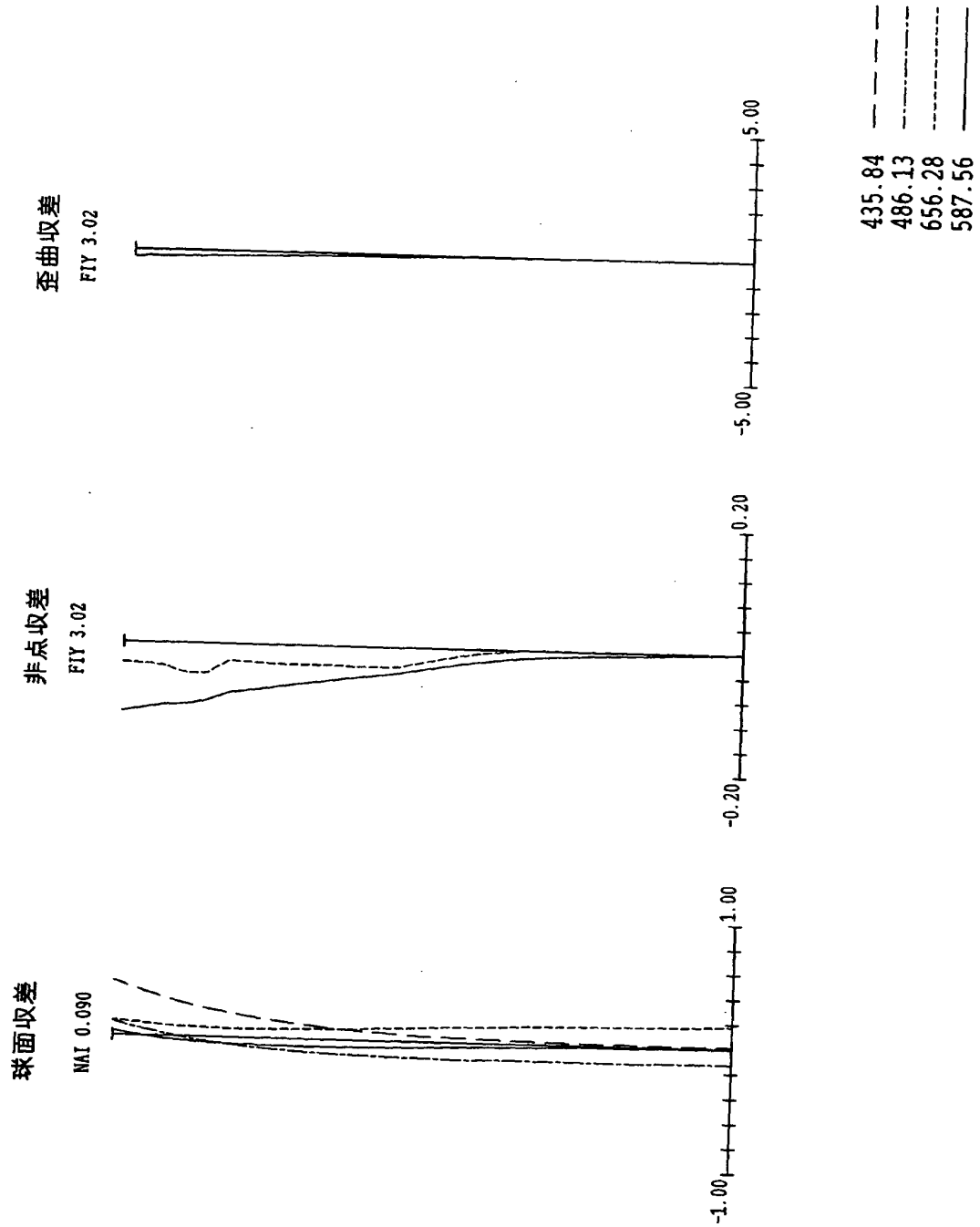
【図 1 9】



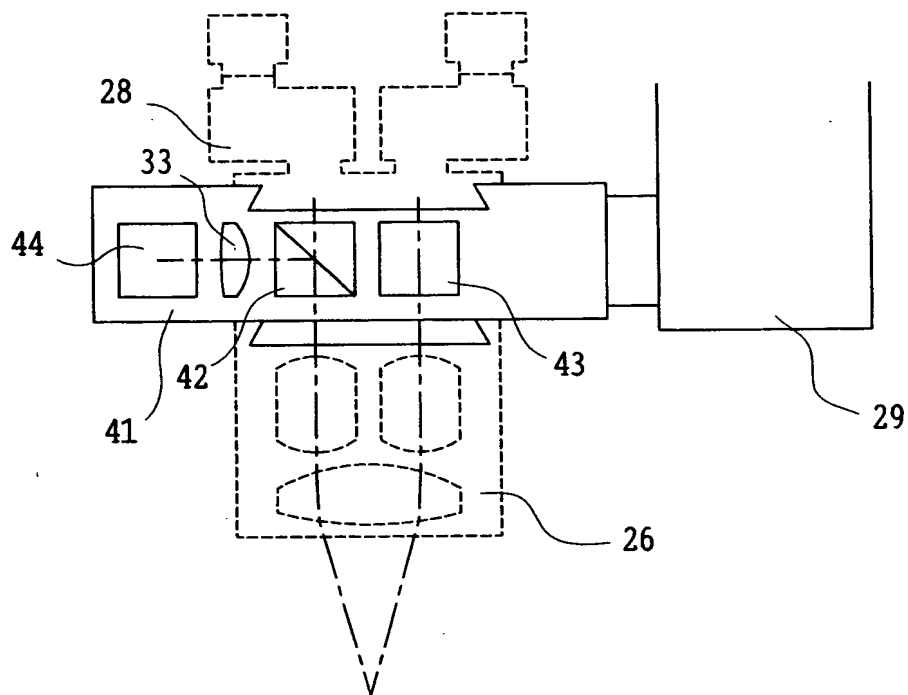
【図 2 0】



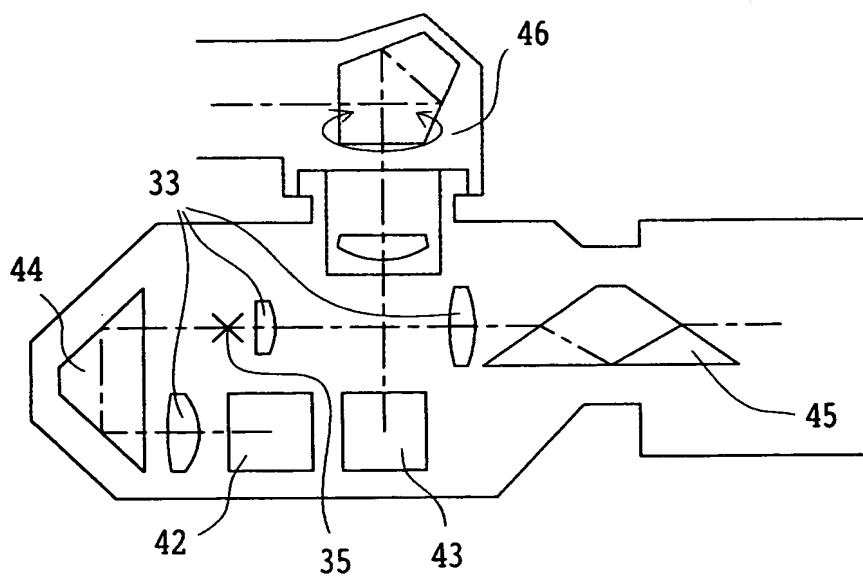
【図21】



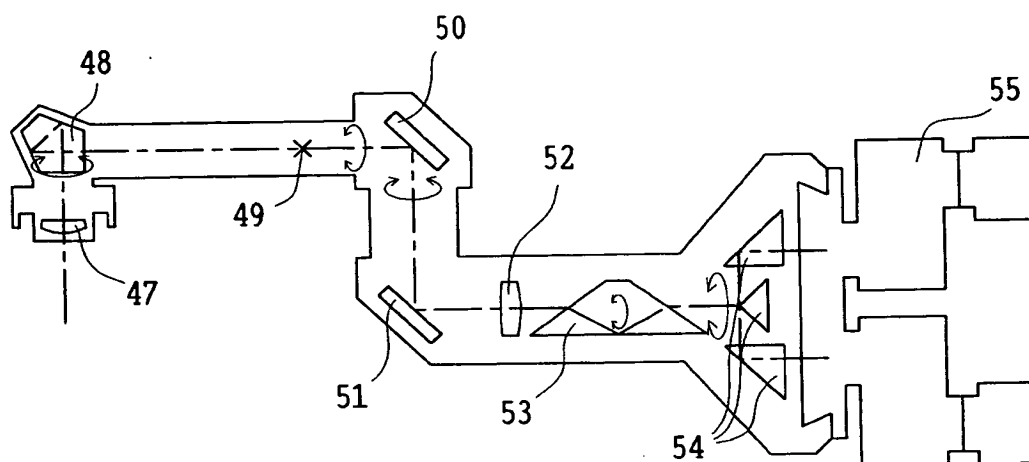
【図 2 2】



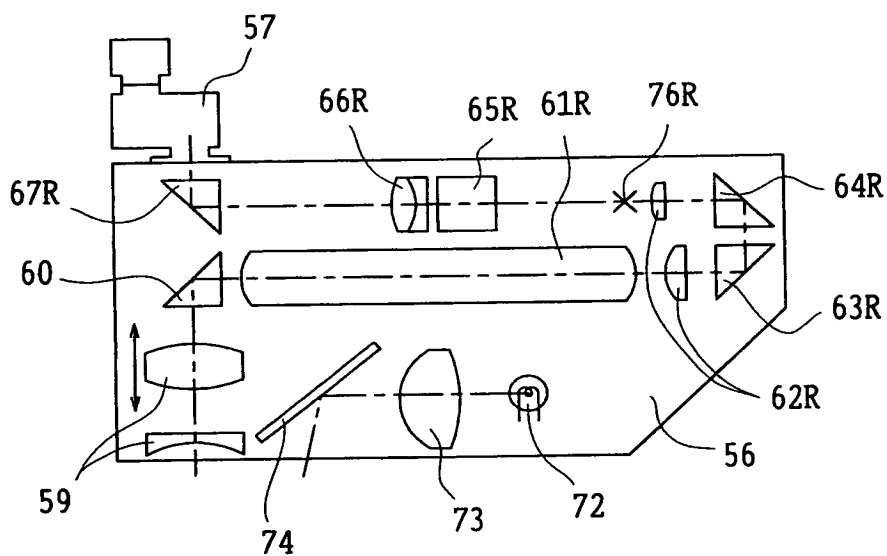
【図 2 3】



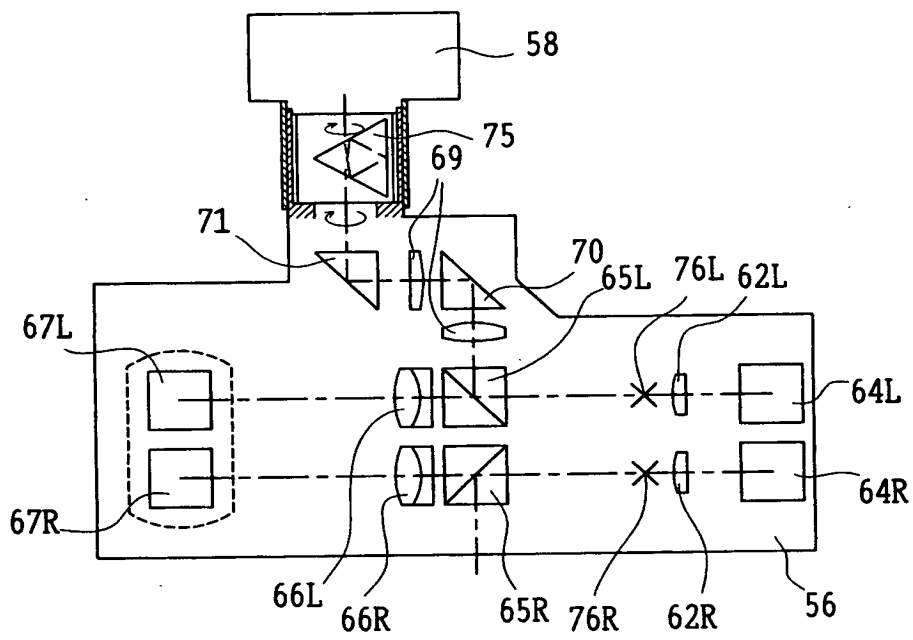
【図 24】



【図 25】



【図 26】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 観察しながら観察物体に作業を施すとき、邪魔にならないように設置することの可能な実体顕微鏡用撮影装置、及びその撮影装置を備えた実体顕微鏡装置を提供すること。

【解決手段】 鏡体 1 内の対物レンズ 3 に入射した観察物体からの光束は、光分割光学系 5 で分割され、一方は鏡筒 6 内の観察光学系へ導かれ、他方はアーム 2 内の撮影光学系に導かれる。撮影光学系に入射した光束は、光分割素子 1 0 で分割され、一方は静止画撮像装置 1 5 の撮像面に導かれ、他方は動画撮像装置 2 5 の撮像面に導かれる。光分割素子 1 0 で分割された各々の光路中に中間結像面（中間結像点 1 3， 2 0）が設けられ、それらの中間結像面の像が、各々の撮像装置 1 5， 2 5 の撮像面にリレーされる。また、鏡体 1 とアーム 2 の接続部にはイメージローテータ 7 が配置され、アーム 2 に対し鏡体 1 を回転させても、各撮像面での像が回転しないようになっている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日 1990年 8月20日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏 名 オリパス光学工業株式会社